SHOUT
SHARE
IT

E 5-25-27 506.494 S685

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES SCIENCES NATURELLES

2e S. — Vol. XV.

No 78.

Publié, sous la direction du Comité, par M. H. Dufour.

(Avec 13 planches. — Prix 9 fr.)

Contenu : Pages
Titre du volume XIV . . . . —
Table des matières du volume XIV 701

G. du Plessis. Note sur un rhizopode marin nouveau 1
L. Favrat. Note sur les *Achillea* hybrides 14
Et. Guillemin. Sur la rétrogradation de l'ombre du soleil 16
Ph. de la Harpe. — Géologie de Louèche-les-Bains 17
J.-B. Schnetzler. — Une maladie de la vigne 49
J.-B. Schnetzler. — Observations sur la Phytolaque commune 60
A. Mermod. — Influence physiologique de la dépression atmosphérique . . 65
E. Renevier. — Note sur les blocs erratiques de Monthey 105
G. du Plessis. — Sur la coloration des hydres 117
E. Renevier. — Etat du musée géologique de Lausanne (1876) 121
F.-A. Forel. — Limnimétrie du lac Léman (2e série) 129
H. Amstein. — Un exemple de représentation conforme 175

PROCÈS-VERBAUX — De Novembre 1876 à Avril 1877 199
LIVRES REÇUS. — De Décembre 1876 à Mai 1877 223

(Chaque auteur est responsable de ses écrits.)

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 15 1927
275763
NATIONAL MUSEUM

LAUSANNE
LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS, RUE HALDIMAND.

Septembre 1877.

COMITÉ POUR 1877

MM. S. Bieler, méd.-vétérin., *Président* (Avenue Agassiz).
S. Chavannes, *Vice-Président* (rue du Collége).
J. Larguier, Dr, *Secrétaire* (rue de Bourg).
W. Fraisse, ingénieur (aux Jumelles).
M.-J. Œttli, professeur (place Chauderon).

BIBLIOTHÈQUE

Montée de St-Laurent, No 22, maison de la Société de consommation, ouverte le Mercredi et le Samedi, de 2 à 10 h. du soir, sauf pendant les séances.

Les membres de la Société qui seraient disposés à se dessaisir, en faveur de la Bibliothèque, de brochures ou d'ouvrages relatifs aux sciences naturelles, sont priés d'adresser leurs dons à M. le Bibliothécaire.

◆

Bibliothécaire :	M. L. Mayor, prof. (Montée St-Laurent, 22.)
Caissier :	» Dutoit, banquier (Rue Pépinet).
Editeur du Bulletin :	» H. Dufour, prof. (Maupas, 23).

On est prié de s'adresser à la librairie Rouge & Dubois pour la rectification des adresses qui ne seraient pas exactes.

Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles.
Vol. XV. N° 78. 1877.

NOTICE

SUR UN

RHIZOPODE MARIN NOUVEAU

voisin des Arcelles et des Amphizonelles,

PAR

G. DU PLESSIS

Le nombre des Amœbiens marins n'est pas très grand et surtout l'on n'en connaît guère d'espèces à carapace chitineuse comme celle des Arcelles de l'eau douce.

Nous croyons avoir observé une forme semblable et nous venons en donner la description, que nous ferons suivre de tout ce que nous avons pu observer sur la vie de cet être. Nous discuterons ensuite la place systématique qu'il doit occuper. Nous tenons à ce que cette petite communication soit considérée comme *purement provisoire*, *car nous n'avons pas la prétention d'avoir traité le sujet à fond,* attendu que les individus observés nous ont manqué tout à coup au milieu de l'hiver, l'eau de leur aquarium étant devenue fétide à la suite d'un gel prolongé.

Voici déjà plusieurs années que nous conservons constamment dans de petits flacons, remplis d'eau de la Méditerranée, des algues et des animaux inférieurs. Or au fond de ces flacons se dépose bientôt, un détritus poudreux formé de débris de plantes, de cadavres d'animaux de *Diatomées* et d'une foule d'*Infusoires*. Dans ce détritus vivent et se développent une quantité de Foraminifères *Polythalames* et *Monothalames*. Parmi ces derniers on rencontre surtout la *Gromia oviformis* dont les petites boules orangées grimpent partout à l'aide de leurs pseudopodes. A côté de ces granules rouges presque microscopiques, nous en observions toujours de *beaucoup plus gros*. C'étaient des boules rondes de la taille et de la couleur d'un grain de chanvre. Ces boules rondes grimpaient à la façon des Gromies et se collaient comme elles aux parois et aux algues. A la loupe on distinguait aisément au point où elles se fixaient une traînée blanchâtre de pseudopodes et l'on voyait qu'ils sortaient d'une ouverture ronde, placée au sommet de la boule en question.

Longtemps nous avons pensé que ces boules grises n'étaient qu'une très grosse espèce de Gromie, et nous avons négligé de nous en occuper. Mais cet hiver, nous avons observé longuement ces organismes et nous avons fini par découvrir qu'il ne s'agissait point ici d'une *Gromie* ni d'une *Orbuline* comme nous l'avions pensé au premier abord. En observant les pseudopodes très lents et digitiformes de cet animal nous avons été frappé de leur ressemblance avec ceux des *Arcelles* et des *Difflugies*, nous avons vu qu'ils n'avaient pas la circulation des granules et qu'ils étaient épais et hyalins. Cela suffisait pour nous faire voir qu'on n'avait pas là un *Foraminifère*, bien que la coque chitineuse fût percée de trous. En conséquence, n'ayant pas trouvé cette forme indiquée dans les ouvrages que nous avons sous la main et croyant que des Arcelliens marins n'ont guère été trouvés jusqu'ici, nous nous hasardons à la décrire et à la recommander à l'attention des zoologistes qui tiennent à s'occuper des Rhizopodes. Il sera très facile de vérifier ou d'infirmer nos assertions, cette espèce étant très commune sur toutes les algues et dans le sable de la Méditerranée à Cette, Nice, St-Tropez, etc. Comme cette espèce est en même temps très grosse, elle est fort commode pour démontrer, par exemple, les principaux phénomènes de la vie de ces êtres, et on la conserve sans peine vivante dans les plus petits flacons munis d'algues vertes.

DESCRIPTION

I. *Taille.* Varie suivant l'âge des individus depuis la grandeur d'une tête d'épingle à celle d'un grain de chanvre. (Les individus tout à fait jeunes sont microscopiques.)

II. *Forme.* En général celle d'une boule parfaitement arrondie, mais quelquefois les individus les plus gros sont ovoïdes.

III. *Couleur.* D'un gris-jaunâtre, qui varie *suivant les aliments pris par l'animal.* En effet, il se nourrit du détritus des flacons, lequel est lui-même de cette couleur. Quand ce détritus contient beaucoup de Diatomées les individus sont plus jaunâtres. Si l'on met du carmin dans le flacon les individus se gorgent de cette poudre et deviennent alors plus ou moins rouges.

IV. *Particularités anatomiques.*

A. *Enveloppe tégumentaire.*

L'animal est renfermé dans une coque souple parfaitement transparente et hyaline. Cette coque ne présente qu'une seule ouverture centrale ronde ou ovale qui se montre de profil, comme placée au sommet d'un petit cône et l'on voit distinctement un canal tubuleux, qui traverse ce cône pour gagner l'intérieur. Le cône est entouré d'un rebord en relief formé par une petite auréole qui vue de face fait l'impression d'un cercle entourant l'ouverture centrale par laquelle l'animal fait sortir ses pseudopodes. Si l'on examine la carapace chitineuse à de faibles grossissements elle paraît amorphe, mais si l'on emploie un bon système 7 de Hartnack, par exemple, on la voit couverte de granules ronds ou ovales dispersés irrégulièrement çà et là, ce qui lui donne un aspect chagriné. De profil ces granules se présentent comme de petits tubercules, qui rendent le bord de la coquille crénelé. A un plus fort grossissement et avec un système à immersion on voit sur chacun de ces granules ou de ces tubercules un pore très fin, une ouverture; en un mot la coque est criblée de trous, et chaque trou débouche sur l'une des éminences ou l'une des papilles du tégument. Si l'on examine la coupe optique de cette coque (ce qui se fait d'autant mieux qu'elle se plisse avec la plus grande facilité), on voit en effet que chacune des papilles coniques dont nous parlons est traversée par un petit canal très fin qui part du milieu de sa base et va déboucher juste au sommet en gardant toujours le même calibre.

Ces pores et ces canaux sont déjà un commencement de ce que l'on rencontre si souvent dans la chitine sous le nom de canaux *porifères* (Porenkanäle). Ces trous nous avaient au début induits à considérer d'abord l'être comme un Foraminifère et nous pensions vu sa forme avoir affaire à une Orbuline, mais jamais nous ne vîmes les pseudopodes sortir par ces trous. Du reste l'animal fait sortir rarement ses pseudopodes sous le microscope, très lentement et graduellement. Mais dès que nous pûmes les voir, nous fûmes convaincus qu'il ne s'agissait plus ici d'une Orbuline. D'ailleurs la coque de ces dernières est calcaire et non chitineuse. Outre ces pores, ces tubercules et ces canaux, la coque se montre encore très finement et délicatement striée à sa surface et de profil.

Enfin cette coque se colore très bien en rose par le carmin, comme le fait aussi la chitine d'autres animaux toutes les fois qu'elle existe en couches très minces. Par contre dans la lumière polarisée elle ne donne aucune réaction.

B. *Contenu de l'enveloppe tégumentaire.*

Quand on examine l'animal au moment où il fait sortir ses pseudopodes on aperçoit une masse de sarcode (ou de protoplasma) irrégulièrement lobée qui fait lentement saillie à travers le goulot de l'ouverture centrale et débouche au sommet du cône sur laquelle est cette ouverture. Cette masse de sarcode est à la base remplie de granules jaunes et de substances avalées et digérées par l'animal, mais le bord ou limbe de cette masse lobulée est parfaitement hyalin. De ce bord se détachent bientôt lentement des pseudopodes digitiformes épais, branchus ou irrégulièrement ramifiés se *terminant en cul-de-sac et ne s'anastomosant pas entr'eux.* Ces pseudopodes épais restent toujours parfaitement limpides. Les granules de la base *n'y pénètrent jamais,* aussi n'y voit-on nulle part cette circulation granuleuse qui ne fait jamais défaut dans ceux des Foraminifères. Les pseudopodes de notre espèce se comportent *entièrement comme ceux des Arcelles et des Difflugies,* sauf qu'ils sont incomparablement plus nombreux et plus compliqués, car, si on laisse à l'animal le temps de les développer complètement, il s'entoure bientôt d'un prodigieux écheveau de ces prolongements digitiformes qu'on peut déjà reconnaître à la loupe comme une traînée blanchâtre trois ou quatre fois plus longue que l'animal et par le moyen de laquelle il se colle aux plantes et aux parois des flacons et grimpe quelquefois du fond des vases jusqu'à la surface de l'eau. Cette touffe de pseudopodes quand elle a atteint cette taille présente alors des filaments aussi effilés que des cheveux ou des aiguilles, mais ils se terminent toujours en pointe mousse. Ces pseudopodes capillaires prennent racine sur des pseudopodes plus épais qu'ils recouvrent quelquefois comme des rayons. Ils rayonnent en effet de tous côtés et engagent entre leurs mailles toutes sortes d'objets. Ils paraissent de consistance assez roide et semblent avoir une superficie résistante, car s'ils rencontrent un corps dur ils se plient à angle aigu. Ils rappellent en cela ceux des Amœbiens terricoles décrits par Greeff et qui ont une cuticule résistante. Dans les pseudopodes épais et à la base du cône et de l'ouverture centrale dont ils sortent, on voit souvent se former de grosses vacuoles qui naissent çà et là lentement *et disparaissent de même.* Nous ne les avons *jamais* vues se contracter *subitement* comme celles des Infusoires et des Amœba.

Si l'on exerce sur l'animal une légère pression avec le couvre-objet ou la pointe d'une aiguille, on peut vider entièrement la coque de son contenu, qui sort par l'ouverture centrale sous la forme d'un boyau gris-jaunâtre lequel se contourne plusieurs fois sur lui-même et se divise spontanément dans l'eau en masses irrégulières formées par des grumeaux plus ou moins épais, d'une sarcode (protoplasma) transparente toute remplie d'une foule d'objets non digérés, tels que des diatomées, des débris d'algues, des grains de fécule, du carmin, des carapaces d'infusoires et des peaux d'anguillules, le tout formant des boules grises ou jaunâtres, qui donnent à la sarcode cette apparence granuleuse et cette couleur caractéristique qui paraît à travers la transparence de la coque. Cette masse d'objets avalés (et que l'animal ne peut rejeter que par la bouche) rend difficile l'analyse de la sarcode, au milieu de laquelle ils sont disséminés; cependant avec un peu d'attention et de persévérance on arrive bientôt à distinguer les parties essentielles et constitutives de ce protoplasma, de celles qui ne sont que des corps étrangers avalés. A ce point de vue la sarcode de ce très gros Rhizopode, se comporte exactement comme le protoplasma de tous les autres Rhizopodes et comme celui des cellules végétales et animales en général, c'est-à-dire, que nous avons dans ce protoplasma une masse fluide, hyaline, parfaitement incolore dans laquelle sont suspendues une foule de granulations moléculaires très fines, très réfringentes et agitées par un mouvement Brownien plus ou moins vif. Celles de ces granulations qui sont jaunes et très réfringentes pourraient bien être une substance grasse. On observe aussi dans l'intérieur du protoplasma de véritables goutelettes de graisse et nous avons déjà dit qu'il s'y formait fréquemment des vacuoles. Du reste, ce ne sont que les masses centrales de cette sarcode qui contiennent ces granules moléculaires et ces gouttelettes, car le bord de chacun des fragments extraits de l'animal vivant présente, comme chaque Amœba, une large zone d'une sarcode parfaitement limpide et qui ne contient *aucune granulation quelconque.* Nous avons déjà dit que c'est de cette zone limpide que partent toujours les pseudopodes, qui sont eux-mêmes parfaitement homogènes et limpides comme du cristal.

On rencontre toujours dans la sarcode, mêlés à ces granulations moléculaires, une foule de corpuscules sphériques, tous de même taille et *parfaitement hyalins.* Ils rappellent entièrement par leur forme et leur apparence les spores (Keim kugeln) des infusoires. Ils rappelleraient aussi des grains de fécule, mais l'iode ne les colore point en bleu. Il les jaunit d'abord, puis les dissout. L'acide acétique les gonfle et les rend translucides et presque invisibles, parce qu'il en altère les contours. La potasse et la soude caustique les dissolvent très vite.

Nous ne savons absolument pas ce que sont ces corpuscules hyalins ; ils ne se comportent tout à fait ni *comme des noyaux, ni comme des cellules.* Le carmin ne *les colore pas du tout.* Ils peuvent y rester des semaines sans se colorer. *Ils persistent longtemps après la mort et la putréfaction de l'animal.* Sont-ce là des *pseudo-cellules ou des germes ?* (Keim kugel). Nous ne le croyons pas et ne savons ce que c'est.

Voici donc à peu près tout ce que l'on peut observer facilement dans la sarcode sans l'intervention de substances colorantes. Mais si l'on traite ce protoplasma par le *carmin ammoniacal,* on voit bientôt se colorer constamment au milieu des masses extraites de l'animal deux catégories de corps. Ce sont d'abord de grosses boules sphériques d'inégales grandeurs, les unes plus petites, les autres plus grosses, mais toujours très grandes relativement à la taille de l'animal. On peut en compter quelquefois jusqu'à six dans un seul animal. Outre ces grosses boules inégales qui en imposent au premier coup d'œil *pour des noyaux* et qui sont évidemment les analogues des noyaux de la *Gromia oviformis* et des *Milioles,* on trouve constamment dispersés en grand nombre dans la sarcode et rassemblés par groupes, de petits corpuscules arrondis, tous égaux de taille et parsemés partout. Si nous examinons attentivement même avec des grossissements moyens les grosses masses colorées par le carmin en rouge vif, nous reconnaissons bientôt et surtout chez les grandes une enveloppe de chitine parfaitement délimitée. Cette enveloppe montre même souvent un double contour, et chez les plus gros de ces corps une partie conique légèrement saillante. A travers l'enveloppe on distingue fort bien le contenu qui est un protoplasma parfaitement transparent semé de granulations inégales, de vacuoles rondes inégales et plus ou moins nombreuses. Les plus petites masses montrent à peine une membrane d'enveloppe à simple contour. Or, évidemment, on a là quelque chose de plus que de simples noyaux. Ce sont de jeunes embryons absolument semblables à l'être dans lequel ils sont contenus, sauf que n'ayant pris encore aucune nourriture leur sarcode ne contient pas de masses digérées et paraît tout à fait limpide et transparente. Nous croyons donc avoir à faire ici non pas à des noyaux mais à des embryons ou à des jeunes.

Quant aux petits corpuscules sphériques dispersés par groupes dans toute la sarcode de l'animal, nous croyons que ce sont là de véritables noyaux, peut-être même quelque chose de plus. En effet, ils contiennent constamment un petit nucléole ponctiforme. Ils se colorent entièrement et vivement par le carmin. L'acide acétique les rend plus clairs et fait saillir leur nucléole. Nous avons dit qu'ils formaient des groupes. Ces groupes se composent d'une quantité assez considérable de ces noyaux rassemblés en masses mûriformes, et voici comment nous pensons qu'ils naissent : Ils naissent tout simplement de la division successive des noyaux. En effet, très souvent nous trouvons deux noyaux dans une même enveloppe. D'autrefois nous en voyons 4, ou 6, ou 8, et alors l'enveloppe venant à se rompre on a un groupe de noyaux libres rassemblés sur un même point. D'après cette manière de se diviser régulièrement en 2, 4, 8 parties, on pourrait considérer ces noyaux comme de petites cellules, et alors évidemment notre Rhizopode serait un organisme *pluri cellulaire.* Le nucléole qu'on observe dans chacun de ces corpuscules ne serait que le noyau de ces petites cellules. Quel rapport y a-t-il entre ces noyaux ou cellules et les embryons déjà tout développés contenus dans le corps? C'est ce que nous n'avons pu encore découvrir. Nous pensons cependant qu'ils pourraient naître de ces groupes.

Ces petites cellules sont-elles des œufs comme ceux décrits par Wright chez certains Foraminifères? Nous ne le pensons pas et nous reconnaissons plutôt dans ces prétendus œufs de Wright l'analogue de nos embryons.

Voici donc tout ce que l'anatomie a pu nous apprendre sur la structure des parties molles de notre Rhizopode, car nous n'avons jusqu'ici rien pu voir de plus. En résumé, la sarcode contenue dans la coque sphérique ci-dessus décrite, se comporte entièrement comme celle d'une grosse *Amœba* ou d'une *Arcella vulgaris.* Elle nous présente des noyaux, des vacuoles, des granulations moléculaires graisseuses ou pigmentaires et des restes de substances alimentaires non digérées. Enfin, elle montre des pseudopodes hyalins et digitiformes, à mouvements lents et à cuticule mince.

Pour ce qui concerne les phénomènes vitaux que nous avons pu observer, ils se réduisent à des phénomènes de nutrition et de reproduction.

Quand on examine à la loupe l'animal dans les flacons, le seul signe de vie qu'il donne c'est de grimper le long des parois des vases et sur les plantes marines. Il grimpe ainsi fort lentement et il lui faut plusieurs jours pour atteindre la surface. On voit particulièrement bien quand il rampe sur le verre une traînée blanchâtre sortir de l'ouverture centrale et rayonner dans toutes les directions. Si l'on détache alors l'animal de la paroi à l'aide d'une baguette de verre et qu'on l'enlève immédiatement pour le placer sous le microscope, on a le loisir d'examiner la longue touffe de pseudopodes développés qui pendent au dehors de l'ouverture buccale et on a le plaisir d'y observer tous les phénomènes susmentionnés. Cette touffe de pseudopodes montre d'abord les prolongements les plus bizarres, les filaments les plus inextricables, et au milieu de ce réseau l'on distingue des corps étrangers, tels que crustacés, vers, infusoires, algues, foraminifères, etc., que la sarcode a entourés et tués. A côté de ces aliments frais, on voit aussi dans la masse vivante des boules de matières fécales contenant les résidus indigestes des précédents repas. Si l'on place l'animal dans la *chambre humide* l'on voit bientôt cette touffe de pseudopodes changer de forme. Les rameaux les plus fins et les plus allongés se raccourcissent lentement, se rétractent, se retirent et se rapprochent des plus épais dans lesquels ils se confondent peu à peu. La touffe se raccourcit toujours plus, s'épaissit et prend la forme d'une masse d'abord hérissée de prolongements digitiformes, puis ensuite simplement lobulés, puis lobés. En un mot on s'aperçoit que tous les pseudopodes rentrent dans la masse granuleuse commune et que celle-ci s'écoule lentement dans la coquille à travers l'ouverture buccale en entraînant avec elle tous les aliments frais, et laissant par contre sur le porte-objet la plus grande partie des boules excrémentitielles susdites. Enfin, au bout de quelques heures toute la masse sarcodique est rentrée au bercail et l'ouverture buccale fermée se fronce légèrement sur son pourtour. L'animal est rentré au repos; il digère et l'on en trouve beaucoup ainsi qui font tranquillement leur sieste au bas des flacons.

Ces animaux, comme nous l'avons dit, sont très voraces et ils sont surtout très avides de fécule dont ils se bourrent. Au bout de plusieurs jours on peut suivre la lente dissolution des grains de fécule qui se vident peu à peu et dont il ne reste que l'enveloppe. Autant en font-ils pour les Diatomées. Ils avalent aussi de petits Nématodes et des Crustacés dont il ne reste que la chitine sous la forme d'une boule chiffonnée et ratatinée.

Quant aux phénomènes de la reproduction qui nous intéressaient tout particulièrement, puisqu'on est loin d'être d'accord là-dessus, nous n'avons pu nous-mêmes épuiser ce sujet vu le manque d'individus et la saison d'hiver, mais nous comptons le reprendre cet été, et voici toujours ce que nous avons pu voir :

Nous avons d'abord remarqué que si l'on fait sortir la sarcode du corps de l'animal soit par la compression, soit en le déchirant avec des aiguilles, et si l'on place cette sarcode dans une goutte d'eau de mer bien pure, au milieu d'une *chambre humide*, on voit que les fragments ou les grumeaux isolés de cette sarcode continuent très bien à vivre. Les plus petits rampent sur le verre à la façon d'un Amœba, dont il serait alors absolument impossible de les distinguer. On en voit d'assez petits pour ne contenir qu'un grain de fécule, et qui rampent vivement en poussant des pseudopodes digitiformes.

Les grosses masses se tiennent en repos et s'entourent d'un limbe transparent de sarcode, mais au bout de 24 heures à peu près ce limbe de sarcode s'est changé en une fine membrane, qui paraît bientôt à double contour, la masse de sarcode s'est parfaitement arrondie et l'on a un nouvel animal obtenu par division artificielle. Souvent le contenu d'une de ces grosses boules se divise ainsi spontanément à sa sortie du corps en plusieurs grumeaux inégaux qui s'arrondissent sur-le-champ, et au bout de deux jours sont devenus semblables à l'être dont il sont sortis. Nous avons vu aussi très fréquemment des coques dont le contenu n'avait été expulsé qu'en partie, se remplir de nouveau et se compléter par l'extension sur les parois de la sarcode restée dans l'intérieur !

Ce que l'on peut faire artificiellement en comprimant l'animal ou en le dilacérant, celui-ci peut le faire spontanément. En effet, nous avons trouvé plusieurs fois dans le détritus des aquariums de gros individus qui avaient fait sortir par la bouche une masse de sarcode, mais celle-ci au lieu de s'étendre en pseudopodes avait formé un globule qui restait suspendu à l'ouverture buccale à laquelle il tenait par un pédicule très mince venant du gros individu. Nous avons placé de tels sujets dans la chambre humide, et là nous avons vu plusieurs fois ces globules se détacher spontanément de l'ouverture buccale et devenir de nouveaux individus, en s'entourant bientôt d'une coque délicate de chitine. C'est la reproduction par *division spontanée* telle qu'on l'observe régulièrement chez tous les autres Rhizopodes. Nous n'avons pas vu, en revanche, le protoplasma se diviser spontanément dans l'intérieur de la coque, comme cela a été observé chez d'autres Rhizopodes. Ce genre de reproduction a été observé déjà chez la *Gromia fluviatilis.*

Le second mode de reproduction est celui *par spores.*

Nous désignerons de ce nom les embryons sphériques que nous avons observés dans l'intérieur de tous les gros exemplaires et qui sont évidemment les analogues de ce qu'on appelait les *noyaux* chez les Gromies et les Milioles. Ces embryons sphériques ne sont, à ce que nous croyons, pas des noyaux. Ils en proviennent peut-être, mais dans l'état où nous les avons trouvés, ce ne sont que des *jeunes individus entièrement semblables aux parents, sauf qu'ils n'ont pas encore pris de nourriture et que leur enveloppe chitineuse, encore très mince, ne porte pas d'ouverture buccale, ni de canaux porifères.* Mais nous avons observé que les plus gros portaient déjà une proéminence conique à l'endroit probable de la bouche. Ces embryons sont peut-être la suite d'une conjugaison ou zygose préalable, que nous avons en effet observée une ou deux fois.

D'après ce qui précède, notre animal serait vivipare comme les Milioles et d'autres Rhizopodes. Il nous manque pour pouvoir affirmer ce fait d'avoir vu sortir ces embryons par la bouche. Il est vrai qu'il en est qui sont beaucoup plus gros que l'ouverture buccale, mais celle-ci présente à son pourtour des plis radiés qui lui permettent sans doute une grande extension.

Peut-être aussi les jeunes ne sont-ils expulsés au-dehors qu'après la mort et la putréfaction des adultes.

Quant à la place que doit occuper notre animal dans le groupe des Rhizopodes, il est certain que ce n'est pas un Foraminifère, malgré sa carapace criblée de trous. Ses pseudopodes entièrement semblables à ceux des Arcelles, des Difflugies et des Amœba et sa sarcode qui présente la même structure et les mêmes vacuoles suffisent pour nous indiquer qu'on doit le placer dans le groupe des Amœbiens, immédiatement à côté des Arcella, dont il diffère par sa carapace sphérique verruqueuse criblée de canaux porifères. Il diffère aussi par là des *Difflugies* dont il aurait assez la forme. Greef a décrit parmi les Amœbiens terricoles un genre qui sécrète une forme chitineuse et sphérique. C'est de ce genre que notre espèce se rapprocherait le plus. Comme nous n'avons pas ce travail entre les mains, nous ne pouvons décider la question. Si notre espèce était réellement une Amphizonelle rien ne serait plus facile que de la baptiser. Nous proposerions dans ce cas de la nommer *Amphizonella marina*.

Si l'on en veut faire un genre nouveau, nous proposons de l'appeler provisoirement *Arcellina marina* pour rappeler son analogie avec les Arcelles d'eau douce.

Note sur les ACHILLEA hybrides

par M. L. Favrat, professeur.

On a trouvé jusqu'à présent une douzaine d'*Achillea* hybrides. Sur ce nombre, cinq ont été trouvés en Suisse. Ce sont : *Achillea nana-macrophylla, moschata-macrophylla, atrata-macrophylla, atrata-nana* et *moschata-nana.* Quatre autres hybrides sont encore douteux : *Achillea Millefolium-moschata, setacea-tomentosa, setacea-nobilis* et *atrata-moschata.*

Je crois avoir trouvé l'*Achillea Millefolium-moschata* dans l'Eginenthal, et Schleicher, voir son herbier, a trouvé le *setacea-tomentosa* dans son jardin, entre les parents, qu'il y avait plantés. Le *setacea-nobilis* se trouvera sans doute dans le Bas-Valais, où les parents abondent et s'abordent sur plusieurs points. Le *tomentosa* s'y rencontre aussi en compagnie du *nobilis.*

Parmi ces hybrides, trois ont été longtemps controversés; ce sont ceux de l'*A. macrophylla.* Ou plutôt, voir Gaudin et Koch, on n'a su voir dans ces trois hybrides que deux plantes distinctes.

Gaudin a un *A. valesiaca Suter,* qui n'est autre que le *nana-macrophylla;* et un *Thomasiana Hall. fil,* qui paraît comprendre le *moschata-macrophylla,* et l'*atrata-macrophylla,* qui se ressemblent, et qu'on a plus d'une fois confondus.

Koch a aussi un *valesiaca;* mais sa description se rapporte évidemment au *moschata-nana.* Il a de plus un *Thomasiana Hall. fil,* qui est certainement l'*A. atrata-macrophylla.* Les observations que j'ai faites dans les diverses localités où croissent ces trois hybrides, m'ont depuis longtemps mis au clair à leur sujet ; et avant d'avoir connaissance des notes critiques d'Ascherson et de Kerner, j'étais convaincu qu'il y en a bien trois. Quant à leur synonymie, voici ce qui me paraît certain :

A. nana-macrophylla = *A. valesiaca Suter et Gaudin, non Koch.*

A. moschata-macrophylla = *A. asplenifolia Ler., A. Lereschii Schultz bip., A. valesiaca Koch, non Suter.*

A. atrata-macrophylla = *A. montana Schleicher, A. Thomasiana Hall. fil.*

L'herbier Schleicher, que j'ai consulté à deux reprises, ne m'a pas été d'un grand secours. D'abord la plupart de ses hybrides sont cultivés et plusieurs ne sont pas accompagnés du nom de la localité. Ensuite j'y ai trouvé pour la même plante des synonymes qui s'excluent, comme *A. helvetica Willd et A. Thomasii Hall. fil.* (sic), ou qui montrent que Schleicher a confondu l'*A. atrata-macrophylla* des Alpes vaudoises, avec l'*A. moschata-macrophylla* du glacier du Rhône. Tout cela montre qu'aujourd'hui il faut abandonner les noms d'espèces et donner à ces hybrides les noms des parents.

L'*A. nana-macrophylla* que j'ai retrouvé au glacier du Rhône, n'avait pas été observé depuis de longues années, puisque MM. Muret, Rapin, Leresche et Godet, à qui je l'ai communiqué, ne le connaissaient pas.

BULL. 16 BULL. SOC. VAUD. SC. NAT. XV. 78. 1 SÉP.

Note sur la rétrogradation de l'ombre du soleil,

par Et. Guillemin, ingénieur.

L'ombre d'un style perpendiculaire au plan d'un cadran solaire peut rétrograder dans certains cas. Le phénomène dépend de la déclinaison du soleil et de l'inclinaison du cadran sur le plan horizontal.

Soit :

A = déclinaison du soleil,
l = déclinaison du style, ou latitude géographique du lieu pour lequel le cadran serait horizontal,
R = angle de rétrogradation de l'ombre ;

On trouve :

$$\text{Sin R} = \frac{\text{Sin } 2A - \sqrt{\text{Sin}^2 2A - \text{Sin}^2 2l}}{2 \cos^2 l}$$

Lorsque $l = 0^\circ$, $R = 0^\circ$;
Lorsque l est maximum, c'est-à-dire

$$= A = 23^\circ 28' \text{ au solstice d'été ;}$$

$$\text{Sin R} = \text{tg A}$$

d'où :

$$R = 25^\circ 44'$$

Dans ce cas, il n'y a plus d'ombre à midi, mais si l'on supposait celle-ci se projetant du côté du nord, R deviendrait $= 0^\circ$.

NOTE SUR LA GÉOLOGIE

DES ENVIRONS DE

LOUÈCHE-LES-BAINS

PAR LE

Dr Phil. DE LA HARPE

Bien des géologues ont déjà étudié les environs de Louèche. Malgré leur nombre, les seuls documents écrits que je connaisse sont ceux que le professeur B. Studer a publiés dans la *Geologie der Schweiz* en 1853. Au tome Ier, pages 181 et 427, il parle des relations remarquables de contact que l'on observe dans la vallée de Lötschen entre les gneiss et les calcaires stratifiés, puis de l'éperon de gneiss qui pénètre entre ces calcaires jusqu'à la Bachalp. Il place avec doute les couches arénacées et quartzeuses du Torrenthorn dans le verrucano. Ces doutes se font mieux sentir encore dans sa *Carte géologique de la Suisse*. Dans la première édition (1853) le massif du Torrenthorn est coloré en brun, comme jurassique inférieur ; et dans la seconde il l'est en rouge comme verrucano. Nous aurons l'occasion de voir combien ces doutes étaient justifiés. Au tome II, pages 4 et 95, le même auteur mentionne à la Gemmi et au Schwarebach la présence du terrain nummulitique recouvert par le jurassique du Felsenhorn. C'est là une observation que nous aurons à rectifier. A la page 55, il indique la présence des bélemnites dans le calcaire des hautes Alpes (Hochgebirgskalk) qu'il place avec raison dans l'oxfordien.

Gerlach, dans son beau travail sur les *Alpes pennines*, publié dans les nouveaux Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles, tome 23, 1863, cite en passant (page 58) Louèche et ses environs à propos des terrains sédimentaires qui touchent au gneiss. Sa carte donne une délimitation des gneiss et des calcaires qui ne me paraît pas parfaitement exacte. Il ne s'occupe du reste pas de l'âge de ces derniers ; il en fait un groupe général qu'il nomme jura-lias.

Bien d'autres géologues ont parcouru la contrée, mais leurs observations sont encore inédites. Ce n'est point pour les devancer que j'ai pris la plume. Je dois, au contraire, solliciter leur indulgence sur le mince bagage que je leur apporte aujourd'hui.

Dans un séjour que je fis à Louèche-les-Bains, l'été dernier, je me donnai la tâche de faire une coupe géologique suivant une ligne partant de la vallée de Lötschen, passant par le Torrenthorn, la vallée de la Dala, le Rinderhorn, Schwarebach et le Felsenhorn. La connaissance préalable que j'avais des lieux me faisait espérer de traverser ainsi toute la série des terrains dès le gneiss jusqu'au tertiaire. Diverses circonstances ne me permirent pas de réaliser toute mon intention. Un événement douloureux m'empêcha de faire l'ascension du Torrenthorn. Les conséquences de cette lacune sont plutôt paléontologiques que géologiques, en ce sens que le sommet m'est connu depuis une visite antérieure. D'ailleurs à distance il est facile de reconnaître les terrains qui s'y trouvent. Mais j'ai lieu de croire que l'on découvrirait près du sommet plus d'un gisement fossilifère.

Une autre lacune à signaler ici c'est que je n'ai pu étudier la partie méridionale du massif du Torrenthorn, celle où se trouvent les villages ou hameaux de Guttet, Erschmatt, Bratsch, Jeizenen. Il est facile de constater que les couches qui forment les rochers de la rive droite de la Dala, près d'Inden, franchissent le torrent, et viennent s'adosser au massif du Torrenthorn et en recouvrir toute la partie méridionale. Nous y reviendrons plus loin.

Avant d'aborder cette étude, il importe de noter que, sur la carte fédérale au $^1/_{100000}$ les noms de plusieurs localités diffèrent de ceux en usage dans le pays. Ainsi le col que j'ai franchi le 9 août est inscrit sous le nom de Nivenpass, tandis que c'est le Restipass des guides. Le Niven de la carte fédérale est appelé par eux Nivoschneide ; le Seidschurpass est un nom inconnu dans la contrée, les guides appellent ce col Zum Mühlestein. En outre, Kummenalp, ils le nomment Kumialp, Faldum, Feldum, etc. Il y a là bien des erreurs de la carte à rectifier. Mes informations n'ayant pas été dirigées spécialement sur ce sujet, je n'ose entreprendre de le faire. Dans les pages qui suivent, je m'en suis tenu aux noms donnés dans la carte, afin de ne pas embrouiller le lecteur.

Le champ d'exploration a pour centre Louèche-les-Bains[1] et pour limites, à l'est le village de Kippel dans la vallée de Lötschen, à l'ouest la vallée d'Ueschinen et le glacier Lämmern, au nord le Balmhorn et le col de Lötschen, et au midi Louèche-la-Ville. Cette étendue de pays est coupée en deux par la vallée de la Dala qui court à peu près du nord-est au sud-ouest. La partie orientale a pour sommet principal le Torrenthorn (2950$^{m.}$) et l'occidentale le Balmhorn (3688^{m}). Ces deux parties diffèrent essentiellement l'une de l'autre au point de vue géologique. Nous les étudierons séparément.

Massif du Torrenthorn.

Sous ce nom je comprends l'espace limité par les vallées de la Dala et de Lötschen à l'ouest et à l'est, le Rhône et le col de Lötschen au sud et au nord. Le Torrenthorn ou Mayinghorn (2950^{m}) en est le point culminant. Il en occupe non le centre, mais le bord. De là sept chaînons rayonnent dans deux directions principales. Quatre se dirigent au nord-est ; ce sont, d'après la carte fédérale, celui du Ferbenrothhorn (3125^m) qui commence au col de Seidschur (Zum Mühlestein), celui du Restigrat qui commence au Restirothhorn (2975^m), celui du Feldumgrat qui commence au Feldumrothhorn (2838^m) (Restihorn des guides) et continue par les Laucherspitzen (2865^m), — entre cette sommité et la précédente se trouve le Restipass ; — enfin le Meiggengrat (2777^m) que le Nivenpass (Restipass des guides) sépare du précédent chaînon. Le Meiggengrat envoie au sud deux rameaux peu importants qui descendent à la vallée du Rhône, à Gampeln et à Niedergampeln.

---

[1] Entre les orthographes Loèche, Loesche, Louèche et Louesche, nous donnons la préférence à celle qui représente le mieux en français la prononciation de ce mot.

Du côté opposé le Torrenthorn envoie au sud et au sud-ouest trois rameaux moins considérables : le premier sépare Louèche-les-Bains des chalets de Torrent, le second sépare ces derniers de Chermignon, enfin le troisième, Chermignon de la Bachalp. Celui-ci porte le Galmhubel; les deux premiers n'ont pas de désignation spéciale. Le profond ravin de la Bachalp est entre ces deux systèmes de chaînons. Nous aurons l'occasion de voir que les forces qui ont élevé ces sommets et creusé ces vallons n'ont eu aucun égard à la nature géologique du sol.

Terrains cristallins.

Le gneiss et les schistes micacés occupent une vaste surface à l'est du massif. Ils forment à eux seuls les Meiggengrat, Feldumgrat et Restigrat. J'en ai suivi les limites sur une partie seulement de leur étendue. Depuis Satteleggi (2600^m), situé au nord-est de Kippel (1420^m) sur les pentes qui descendent du Hockenhorn (3297^m), cette limite va en ligne directe dans le vallon de Oberferden, elle le remonte en passant sous la partie inférieure du glacier de Maying, de là elle passe sur le versant de la Bachalp. Ici le gneiss des Laucherspitzen descend au sud-est, traverse le torrent, et vient former sur le flanc droit du vallon, entre les chalets de Galm et le petit lac, un éperon qui pénètre au milieu des schistes et des calcaires. Tout à côté de l'éperon de gneiss, les terrains sédimentaires en forment un en sens inverse : partant des chalets de Galm, les couches liasiques et la corgneule s'élèvent pour former le Feldumrothhorn (Restihorn des guides), redescendent dans la vallée de Faldum, et se terminent en coin dans le gneiss (voir fig. 1)[1]. Plus bas à partir des chalets de Bachalp, la limite du gneiss, d'après la carte de Studer et Escher, se dirige au sud vers Jeizenen pour remonter de là au nord-est et franchir la Lonza vers Mitthal. La carte de Gerlach la place plus à l'occident, de telle sorte que, d'après cet auteur, les roches primitives occuperaient tout le vallon de la Bachalp, et descendraient jusqu'au Rhône vers Niedergampeln et Gampeln, cette délimitation ne me paraît pas exacte. N'ayant vu le terrain qu'à distance, il ne m'appartient pas de me prononcer d'une manière définitive.

Terrains sédimentaires.

Trias. La *corgneule* est ordinairement la première et la plus ancienne assise stratifiée. Elle repose directement sur le gneiss. Son épaisseur varie de 1 à 10 et à 50 mètres, mais son aspect est le même que partout ailleurs : roche dolomitique, bréchiforme, à alvéoles anguleuses, grisâtre, jaunâtre ou blanchâtre. Souvent elle est accompagnée et quelquefois remplacée par une ou plusieurs couches de calcaire dolomitique jaune ou gris-pâle, se fracturant en rhomoèdres subréguliers (fig. 1). A ces roches dolomitiques viennent se joindre parfois une couche de quartzite verdâtre, parfois des schistes ardoisiers ou micacés (fig. 2). D'autres fois, ainsi au Nivenpass, ces roches-là font défaut et les calcaires fossilifères, à bélemnites et à pentacrines, reposent immédiatement sur la corgneule (fig. 3). Entre le Kummenstaffel et le vallon d'Oberferden, on voit même le gneiss et le grès quartzeux du Ferdenrothhorn

---

[1] Voir *Studer, Geologie der Schweiz, tome I, page 181*. M. le professeur Studer donne une fort exacte description de ces lieux et de la singulière disposition des rochers métamorpiques et sédimentaires que l'on observe à la Bachalp.

LÉGENDES

Fig. 1.

a) Gneiss.
b) Calcaire dolomitique gris.
c) Calcaire quartzeux jaune feuilleté.
d) Quartzite.
e) Calcaire noir lamelleux.
f) Calcaire quartzeux rougeâtre, schisteux, à bélemnites.

Fig. 2.

a) Gneiss.
b) Corgneule.
c) Calcaire dolomitique jaune.
d) Calcaire gris lamelleux.
e) Schistes ardoisiers micacés.
f) Schistes calcaires micacés.
g) Calcaire siliceux à bélemnites et pentacrines.

Fig. 3.

a) Gneiss.
b) Corgneule.
c) Calcaire lamelleux à bélemnites et pentacrines.
c') Calcaire stratifié à bélemnites.
d) Calcaire arénacé, quartzeux, massif.

Fig. 1.

Ober Ferben;
pied du glacier de Majing.

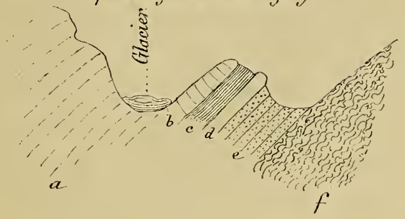

Glacier
a
b
c
d
e
f

Fig. 2.

Faldum Grund
(Restialp des guides).

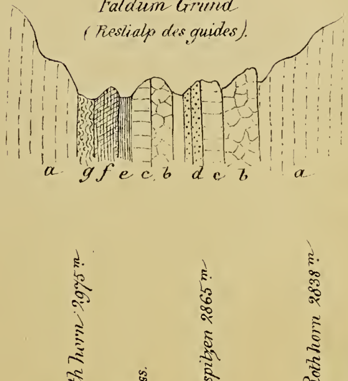
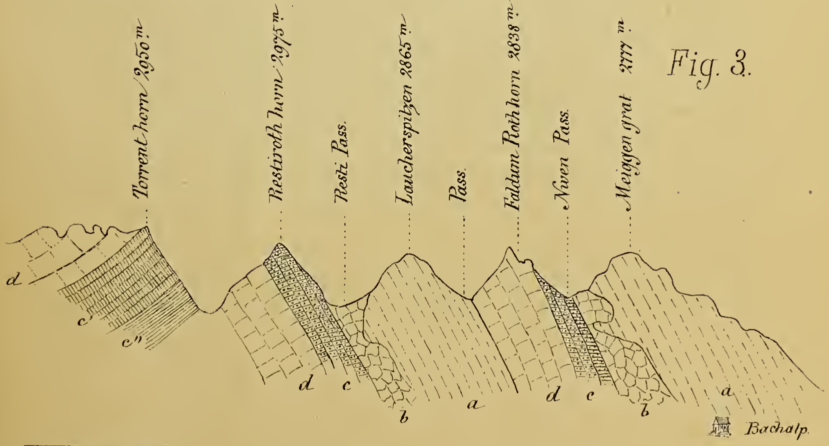

a
g
f
e
c
b
d
c
b
a

Fig. 3.


Torrent horn 2950 m.
Restiroth horn 2975 m.
Resti Pass.
Laucherspitzen 2865 m.
Pass.
Faldum Rothhorn 2838 m.
Niven Pass.
Meiggengrat 2777 m.
d
c'
c''
d
c
b
a
d
c
b
a
Bachalp.

Lith: Jules Chappuis, Lausanne

entrer en contact sans intermédiaire[1]. Observons enfin que lorsqu'un lambeau de terrain sédimentaire se trouve pris entre deux masses de terrain primitif, comme par exemple au Feldumgrund (fig. 2) ou au Feldumrothhorn (fig. 3), la corgueule n'apparaît que d'un seul côté, savoir à la base des terrains stratifiés, représentant la couche la plus ancienne. Ainsi elle se trouve au Nivenpass et non au Pass entre les Laucherspitzen et le Feldumrothhorn. Ce fait nous prouve qu'ici la formation de cette roche, que ce soit par simple dépôt ou par métamorphisme, a eu lieu avant le soulèvement et qu'il ne s'en est point formé depuis lors. La corgneule ne représente donc point un phénomène de contact, mais un horizon stratigraphique déterminé. Cela ne milite-t-il pas en faveur de l'opinion qui attribue à la corgneule une origine non métamorphique? Comme les couches dont nous venons de parler, ne renferment pas de fossiles, leur âge ne peut-être déterminé exactement. Rien n'empêche donc d'y voir, ici comme ailleurs, un représentant du trias, suivant l'opinion de MM. Favre, Lory, Hébert, Renevier, et d'autres.

Lias. Au-dessus de cette étroite bande de corgneule, s'élève tout un système de couches fossilifères, dont l'épaisseur atteint jusqu'à mille mètres et plus, et donc l'étendue a plus d'une lieue carrée de surface.

La limite orientale de ce système est donc formée par la corgneule et le gneiss. A l'occident nous en avons tracé la limite par une ligne qui, partant de la Regizzifurke, suit le bord nord-est du glacier de la Dala, passe aux chalets de Clavinen, descend la vallée de Tempé, passe au pied de la Gemmi, de là suit quelque temps le cours de la Dala, remonte aux hameaux de Birchen, passe à Bodmen et à Milieu, traverse le village d'Inden, puis descend en ligne directe au pont de la Dala, et, quelques minutes plus loin, tourne brusquement pour se diriger au nord-est dans la direction de l'Obernalp. Je ne l'ai pas suivie plus loin.

---

[1] La fig. 3 traverse l'éperon de gneiss du Laucherspitzen. Les couches y sont renversées, comme c'est le cas habituel sur le flanc occidental des terrains primitifs.

Il est peu de régions dans les Alpes où les renversements et les plissements soient plus nombreux, en même temps que plus difficiles à élucider. Un plissement splendide (fig. 4) se voit, par exemple, sur la paroi de rochers où sont dressées les fameuses échelles qui conduisent de Louèche-les-Bains à Albinen. Un banc de grès quartzeux, blanchâtre, compacte, épais de près de 100 mètres, est replié sur lui-même complètement; au-dessus et au-dessous se voit le même calcaire gris lamelleux. Des contournements et des redressements se montrent aussi au-dessus de la Fluhalp sur les rochers qui portent le glacier de Maying, puis sous les chalets de Clavinen et ailleurs. Il est digne de remarque que, dans le voisinage immédiat des gneiss, les couches paraissent beaucoup moins tourmentées. Là sans doute elles sont renversées (fig. 5), mais leur allure est plus régulière, et persiste sur de grandes étendues, tandis que plus on approche de la vallée de la Dala, plus elles semblent bouleversées.

L'inclinaison générale des couches de tout le massif est dirigée au sud-est, ainsi que l'on peut s'en assurer aux endroits où elles sont le moins tourmentées: au Ferdenrothhorn, au Galmhubel, au Restihorn, vers le pont de la Dala et ailleurs. Mais cette incinaison générale revêt un tout autre caractère lorsqu'on la considère depuis un point quelconque de la vallée de la Dala au-dessus de Louèche-les-Bains. Vues de là ces couches dessinent comme le pan oriental d'une voûte colossale dont l'autre pan, incliné au nord-ouest, serait formé par le massif des Rinderhorn et Balmhorn. Le sommet de cette voûte occuperait à peu près exactement le thalweg; en effet, le torrent s'est creusé son lit dans des couches à peu près horizontales de calcaire à pentacrines, dès le col de Regizzi jusqu'aux Bains. Au-dessus des strates horizontales, les mêmes calcaires et les schistes noirs, qui les accompagnent, plongent d'un côté au sud-est sous le Torrenthorn, de l'autre au nord-ouest sous le Balmhorn. Mais ici s'arrête la véritable voûte,

Fig. 4.

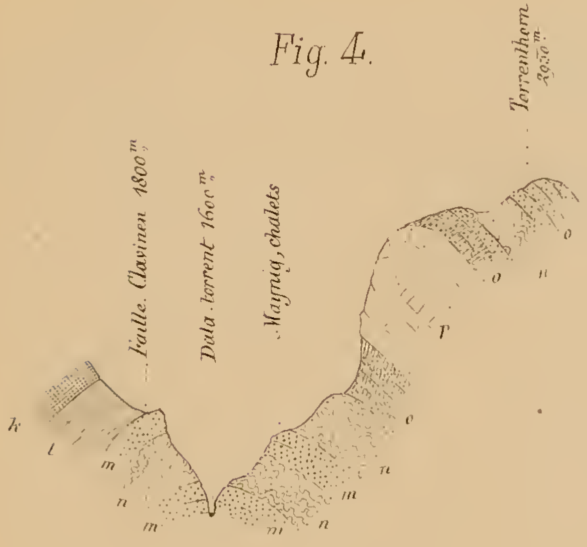

k
l
m
n
m
Faille. Clavinen 1800m?
Dala. torrent 1600m?
Maynig, chalets
m
n
m
n
o
r
o
n
Torrenthorn 2950m?

Fig. 5.

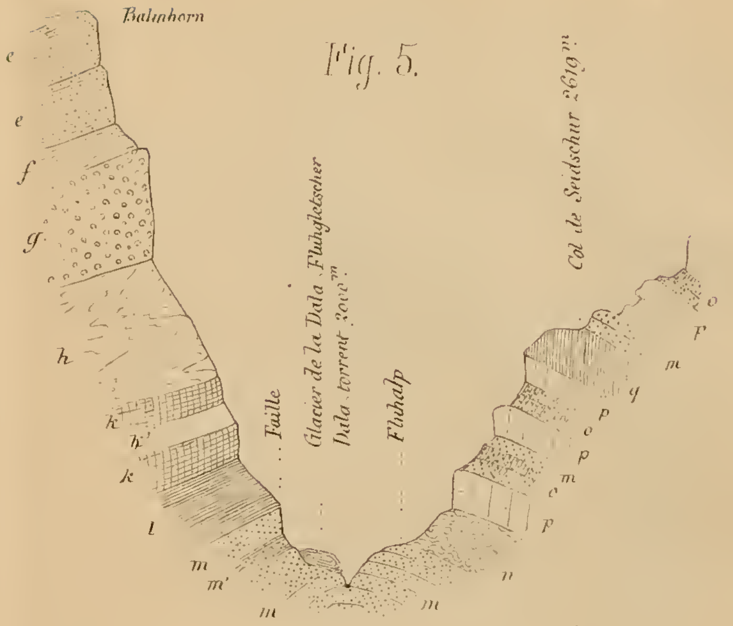
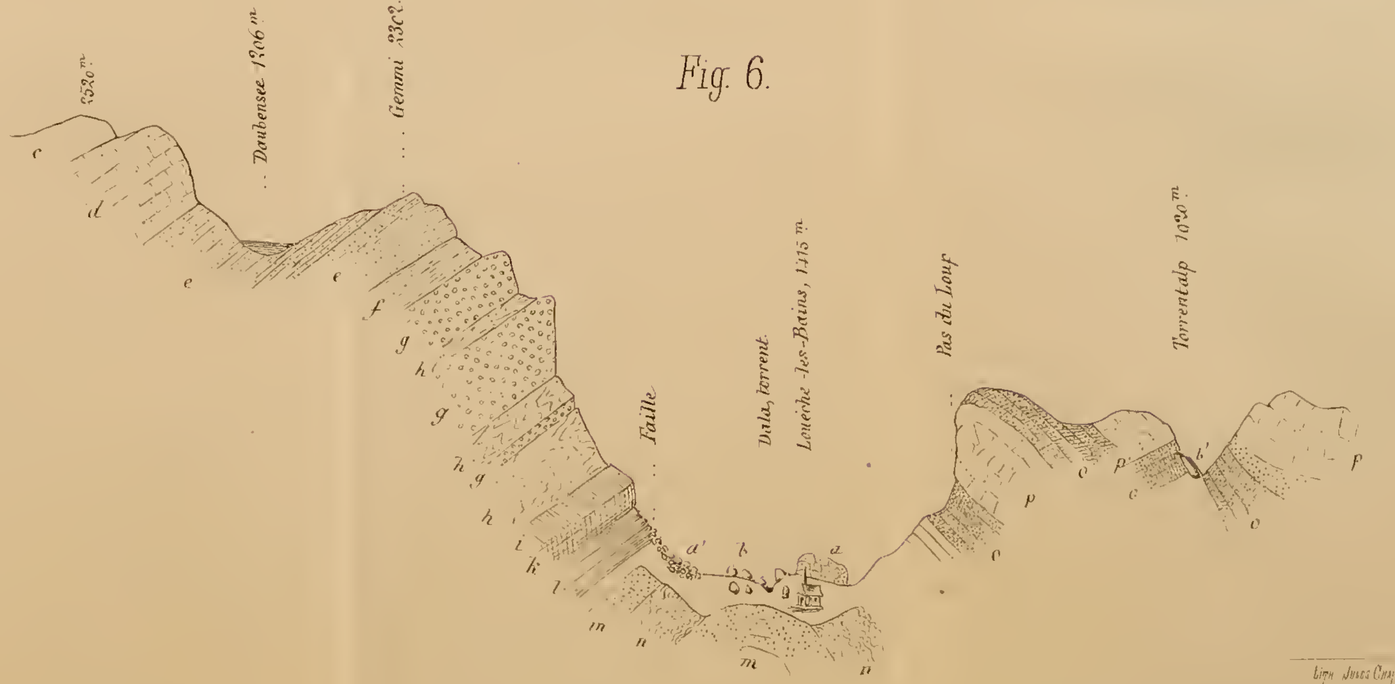
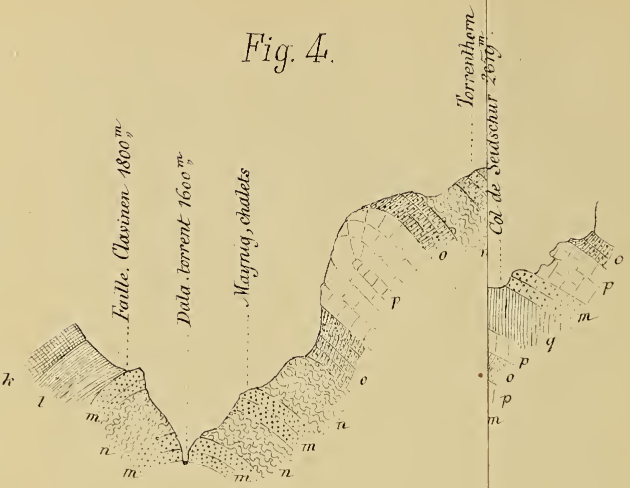

Balmhorn
e
e
f
g
h
k
h'
k
l
m
m'
m
Faille
Glacier de la Dala. Fluhgletscher
Dala. torrent 2000m?
Fluhalp
m
n
p
c
m
p
o
p
q
m
p
o
Col de Seidschur 2619m?

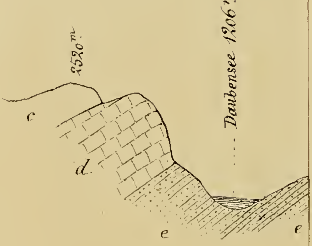
Fig. 6.


2520m?
c
d
e
Daubensee 2206m?
e
Gemmi 2302m?
f
g
h
g
h
g
h
i
k
l
m
n
Faille
a'
b
Dala, torrent.
Louèche-les-Bains, 1415m
a
m
n
Pas du Louf
o
p
o
c
p'
c
b'
o
Torrentalp 1020m?
p

Lith. Jules Chappuis, Lausanne

Fig. 4.


Faille. Clavinen 1800m
Dala torrent 1600m
Maynig, chalets
Torrenthorn
Col de Seudschur 2619m
k
l
m
n
m
n
m
m
n
m
n
o
p
o
o
p
m
q
p
o
p
m


2520m
Daubensee 1206m
c
d
e
e

LAUSANNE.

LÉGENDES

Fig. 4, 5 et 6.

a) Tuf moderne.
a') Eboulis.
b) Terrain erratique.
b') Terrasse diluvienne.
c) Calcaire jaune-brun érodé, néocomien.
d) Calcaire valengien. (Grandes crinoïdes, *Cidaris pretiosa* Desor.)
e) Calcaire divésien. (*Belemnites hastatus* Blainv.)
f) Schistes à fucoïdes.
g) Calcaire siliceux, gris, dur (*Belemnites, Ammonites, Trigonia, Ostrea, Terebratula,* etc.).
h) Calcaire schisteux, plissé, sans fossiles.
i) Schistes argilleux, lustrés (*Ammonites*, *Pecten*).
k) Calcaire lamellaire, sans fossiles.
k') Schistes calcaires intercalés.
l) Schistes ardoisiers, sans fossiles.
m) Calcaire à pentacrines et à petites encrines.
m') Schistes terreux à pentacrines.
n) Schistes noirs, lustrés, terreux, sans fossiles.
o) Calcaire à bélemnites.
p) Grès-quartzite (*Belemnites*).
q) Calcaire terreux et schisteux noirâtre (*Ammonites bisulcatus* Brug., *Am. Moreanus* d'Orb., *Gryphea cymbium ?* Lam.)

car plus haut, les deux pans diffèrent absolument l'un de l'autre. Au sud-est, sur les couches à pentacrines, nous trouvons le Torrenthorn formé des grès quartzeux et des calcaires à bélemnites d'âge liasique, et au nord-ouest le Balmhorn avec les calcaires et schistes jurassiques qui le composent. On est conduit à admettre l'existence d'une faille au pied de la grande paroi du Balmhorn et de la Gemmi, probablement droit au-dessus des couches à pentacrines (fig. 4, 5, 6).

Le massif du Torrenthorn est formé de calcaires, de grès, de schistes superposés et alternant entr'eux, qui mériteraient un travail minutieux pour être parfaitement débrouillés. Ce qui en rend l'étude difficile ce sont les dislocations sans nombre, la rareté des fossiles, et la variabilité des roches. Nous tenterons toutefois de classifier cet imbroglio, nous servant plutôt des caractères pétrographiques, puisque les autres font encore en grande partie défaut.

1° Le *calcaire à pentacrines* est formé d'un calcaire grenu, dur, gris-cendré ou brunâtre, en couches tantôt minces ou lamelleuses, tantôt épaisses, renfermant des fragments de tiges de petites crinoïdes, encrines et pentacrines[1]. Ce calcaire occupait-il la base ou le sommet des couches qui forment tout le massif du Torrenthorn? Question bien simple, paraît-il, mais qui n'est pas susceptible aujourd'hui de recevoir une réponse satisfaisante. En effet, on le trouve au Nivenpass (Restipass des guides) immédiatement au-dessus de la corgneule, donc tout-à-fait à la base du système, puis, à une petite distance de là, au sommet du Galmhubél, soit à 300 mètres au-dessus du gneiss. On le trouve dans les couches horizontales de la cascade de la Dala, à quelques minutes de Louèche-les-Bains et, à 300 mètres plus haut, à Clavinen, sur la ligne que nous considérons comme la limite supérieure du système. De nouvelles études peuvent seules amener la solution du problème. Les points sur lesquels j'ai eu l'occasion de constater encore la présence du calcaire à pentacrines sont les deux côtés et le sol du glacier de la Dala ou Fluhgletscher, la vallée de la Tempé, les chalets de Maying et de la Fluhalp, puis à mi-hauteur entre eux et le col de Seidschurr, puis sur le col même (zum Mühlestein), et la Torrentalp. Enfin tout me porte à croire qu'il existe au pas du Loup, et dans les rochers que la route neuve coupe à mi-chemin entre Inden et les Bains. En résumé le calcaire à pentacrines forme une zone continue sur la limite occidentale du massif, et se trouve encore disséminé en maints autres endroits à des niveaux stratigraphiques fort divers. Les seuls fossiles que j'y ai rencontrés sont, outre les débris de petits crinoïdes, quelques bélemnites qui ne paraissent pas différer de celles trouvées dans les couches désignées plus loin sous le nom de calcaires à bélemnites. Son épaisseur est fort variable, sans toutefois dépasser 100 mètres.

---

[1] Je ne pourrais pas affirmer que les fragments de tiges pentagonales sont de vraies pentacrines et les orbiculaires de vraies encrines. Je donne le nom de calcaire à pentacrines à cet horizon pour le distinguer du valengien que nous verrons plus loin riches en crinoïdes de grande taille.

2° Tout près du calcaire à pentacrines, se trouvent des *schistes noirs,* plus ou moins *terreux* ou ardoisiers ou lustrés. Ils sont *sous* le calcaire à la vallée de Tempé, aux Clavinen, et au Galmhubel; et par contre *sur* le même calcaire à la cascade de la Dala, et enfin *sur* et *sous* lui à Maying et à la Fluhalp. Au haut des pâturages de Torrent, à peu de distance du sommet du Torrenthorn, ils paraissent superposés au calcaire à bélemnites. Je n'y ai pas trouvé de fossiles. Leur épaisseur peut bien être de 100 à 200 mètres. Ces schistes manquent au nord-est; on n'en trouve ni au Nivenpass, ni dans le vallon d'Oberferden, ni au Ferbenrothhorn, ni au Feldenrothhorn, ni au Restihorn.

3° Sur ces points-là, immédiatement au-dessus du calcaire à pentacrines, on trouve le *calcaire à bélemnites.* Ce sont des bancs gris-bleuâtre, ou gris-jaunâtre, à grain assez grossier, rarement terreux, souvent siliceux, en couches minces ou au moins peu épaisses. Ils abondent dans les parties orientale et centrale du massif, ainsi au fond du vallon de la Bachalp, sur les alpes de Chermignon et de Torrent, entre la Fluhalp et le Seidschurpass (zum Mühlestein), au Ferdenrothhorn, au Nivenpass (Restipass), etc. Ils paraissent manquer dans la vallée de la Dala. Dans le voisinage des gneiss, là où les dislocations sont faciles à débrouiller, on voit qu'ils sont intercalés entre les calcaires à pentacrines au-dessous et les grès quartzeux au-dessus (Feldumrothhorn, Restirothhorn, Ferbenrothhorn et Oberferben (fig. 3). Ailleurs, par exemple au pied oriental des rochers du Torrenthorn, et près des chalets de Torrent (fig. 3 et 6), ces rapports semblent renversés.

Ces calcaires sont fossilifères. J'y ai recueilli un grand nombre de bélemnites de diverses espèces, et quelques fragments d'ammonites. La fossilisation des bélemnites offre ceci de particulier que le rostre est transformé en spath noirâtre, plus foncé que le calcaire. Presqu'impossible à séparer de sa gangue, le fossile se rompt toujours suivant sa longueur. Soumettre ces fossiles à une détermination rigoureuse est une entreprise presque téméraire, surtout en ce qui regarde les bélemnites dont on ne peut presque jamais dégager la pointe d'une manière nette. Cependant en les comparant à des individus soigneusement déterminés, et aux planches de la *Paléontologie française de d'*ORBIGNY, et à celles de DUMORTIER, *Sur les terrains liasiques de la vallée du Rhône*, on est frappé de la ressemblance de nos échantillons avec les figures des espèces suivantes :

Belemnites niger Lister. Lias moyen.
Synon : » *Brugierianus* d'Orb.
» *paxillosus* Quenst.

Localités : Fluhalp, glacier de la Dala, entre la Fluhalp et le col de Seidschur (zum Mühlestein), Ferdenrothhorn, Nivenpass (Restipass), alpe de Chermignon.

Bel. elongatus Miller. Lias moyen.

Loc. : Fluhalp, entre la Fluhalp et le col de Seidschur, Nivenpass, alpes de Chermignon et de Torrent.

Bel. Janus Dumortier. Lias moyen.

Loc. : Entre la Fluhalp et le col de Seidschur, alpes de Chermignon et de Torrent.

Bel. breviformis Voltz. Lias moyen.

Loc. : Fluhalp, alpe de Chermignon.

Bel. brevis Blainv. Lias moyen.

Loc. : Glacier de la Dala.

Les fragments d'ammonites ne sont pas déterminables ; ils paraissent tous de la famille des *arietes*, caractéristique du lias.

Notons que, dans les Alpes vaudoises, on trouve près d'Ensex et près de Bretaye, sur Ollon, des bélemnites de même forme, de même fossilisation, et prises dans une roche identique.

Les calcaires à bélemnites et ceux à pentacrines offrent des passages de l'un à l'autre. Ils se rencontrent souvent réunis sur le même point. Peut-être ne sont-ils que deux variétés lithologiques d'un même horizon.

4° *Calcaire bréchiforme.* Çà et là et plus spécialement dans l'amphithéâtre du glacier de la Dala, on rencontre un calcaire brun foncé, renfermant un grand nombre de fragments anguleux ou arrondis de dolomie jaune semblable à celle de la corgneule. Il paraît intercalé entre les bancs de calcaire à pentacrines. Son épaisseur ne dépasse pas quelques mètres. Je n'y ai pas vu de fossiles.

5° Enfin la roche qui donne à la contrée son principal relief est le *grès siliceux* ou *calcaire siliceux* grenu, massif et compacte, blanchâtre ou jaunâtre, dont nous avons déjà parlé. C'est lui qui forme la plupart des sommets, des arêtes et des parois abruptes. Il forme, par exemple, le long de la vallée de la Dala, la voûte couchée sur son pan occidental dont il a été déjà question auparavant (p. 24, et fig. 4, 6, let. *p*). Comme le sommet en a été coupé, elle figure une muraille presque à pic qui part du pont de la Dala sous Inden, et remonte sur la rive gauche du torrent jusqu'à l'escarpement gigantesque qui supporte le glacier de Maying. Le Pas du loup et le Chemin des échelles sont à peu près les seuls points où on puisse la franchir. Un fragment détaché de cette voûte brisée, se trouve sur la rive droite de la Dala; la route de la vallée le traverse entre les Bains et Inden. Ici ce grès est composé de silice presque pure, sa couleur est verdâtre et sa dûreté excessive. Plus loin, au Chemin des échelles, il est plus grenu, blanchâtre, également très siliceux. Il ressemble si bien à un vrai quartzite que la plupart des géologues l'ont pris pour tel, et l'ont placé dans les terrains anciens ou métamorphiques. Mais cette roche n'est pas toujours ni aussi compacte, ni autant siliceuse. En s'approchant du Torrenthorn et du Ferbenrothhorn, elle devient de plus en plus calcaire et nettement stratifiée en bancs peu épais. Là elle forme un calcaire fortement siliceux, roux, devenant très grenu à l'air, et passant par transitions aux couches de pur calcaire à bélemnites. En montant du glacier de la Dala (Fluhgletscher) au col de Seidschur (zum Mühlestein), on en traverse trois bancs inclinés au sud-ouest d'environ 30°. Entr'eux se trouvent des couches à bélemnites, et à pentacrines et des calcaires bréchiformes (fig. 5).

Ce même grès forme presque à lui seul l'énorme massif qui porte le glacier de Maying et qui présente des quatre côtés de l'horizon des parois de rochers sauvages fort peu accessibles. C'est encore lui qui fait la pointe du Feldumrothhorn (Restihorn).

Ce grès est partout au-dessus du calcaire à bélemnites. Ce fait ressort de la coupe fig. 3, où le Restirothhorn et le Feldumrothhorn présentent la série renversée. Les trois bancs que l'on traverse en montant du Fluhgletscher au col zum Mühlestein semblent prouver qu'il y ait sur ce point alternance entre ces deux formations.

Quoi qu'il en soit, ce grès contient de rares bélemnites. Un de mes amis en recueillit un fragment au Pas du loup. On en voit aussi sur la route entre Inden et Louèche-les-Bains. Les espèces ne sont pas déterminables, mais leur forme générale rappelle celles du calcaire à bélemnites.

Le grès qui nous occupe n'est donc pas un représentant du verrucano comme l'indique la 2e édition de la carte géologique de la Suisse. Le verrucano [1] est en effet inférieur à la corgneule et repose directement sur les roches métamorphiques, schistes cristallins, gneiss, granit. Les fossiles qu'on y rencontre en Suisse sont des plantes de l'époque carbonifère. Le professeur Studer avec sa perspicacité habituelle avait déjà entrevu l'âge véritable de ces couches, lorsqu'il dit « Nous ne » pouvons pas [2] voir dans ces grès calcaires, d'une épaisseur » d'au moins 500 pieds, l'équivalent du conglomérat de Valor- » sine ou du quartzite de la route de Morcles, mais bien plutôt » celui du calcaire noir qui, à la Frête de Moïde, repose sur la » corgneule et contient une grande quantité de grains de » quartz. »

Son avis est aussi le nôtre. Nous avons plus près de nous, au Mont Arvel, près Villeneuve, une série toute analogue à celle que nous venons de décrire : Au-dessus de la corgneule et du gypse viennent les schistes noirs à *Avicula contorta*, du rhétien, puis une zone à pentacrines, puis une forte épaisseur de calcaires gris-noirs à bélemnites, puis le calcaire siliceux rosé, dur et compacte où l'on a ouvert des carrières de plus de 100 mètres de hauteur.

M. le professeur Renevier a été aussi bien que moi frappé de l'analogie qui existe entre ces deux régions. Il me semble que l'abondance de silice dans ces couches du Torrenthorn trouve sa source toute naturelle dans les gneiss et les schistes micacés qui formaient un rivage à un ou deux kilomètres de distance, et que la pression que ces couches ont eue à subir par le poids de toutes celles qui leur ont succédé, autant que la pression latérale, opérée par les phénomènes de soulèvement, peuvent bien rendre compte de leur nature compacte souvent à l'égal du quartzite.

---

[1] Voir STUDER. Geologie der Schweiz, I, p. 29 et suivantes, et p. 412 et suivantes.

[2] STUDER, op. cit., p. 427.

Mais une lumière nouvelle et positive nous est fournie par les données paléontologiques. Il se trouve un gisement fossilifère important au col de Seidschur (zum Mühlestein). Là (fig. 5, 9), dans un calcaire terreux, schisteux, noirâtre, intercalé entre le banc énorme de grès quartzeux qui supporte le glacier de Maying et les couches de même nature qui émergent au Ferbenrothhorn, j'ai récolté quelques ammonites que je crois devoir rapporter au *Am. bisulcatus* Brug., et *Am. Moreanus* d'Orb., du lias inférieur. Dans des couches terreuses, à quelques mètres au-dessous, on trouve une *Gryphea* déformée qui porte les caractères de la *G. cymbium* Lam, du lias moyen. Plus bas encore les *Belemnites paxillosus* Quenst. (*B. niger* List. d'Orb.) sont fréquentes.

Voilà donc la preuve incontestable que nos grès sont de l'âge liasique. Lors même qu'on y trouve réuni des fossiles représentant ailleurs des niveaux un peu différents les uns des autres, ce mélange n'a rien qui puisse s'opposer à cette conclusion. On en rencontre souvent dans nos Alpes et ailleurs.

Quant aux couches à pentacrines nous pouvons les considérer comme d'âge liasique, comme à Bex et à Villeneuve. Elles sont d'ailleurs si intimément unies au calcaire à bélemnites, qu'il me paraît impossible de les en séparer.

Nous sommes donc amenés à conclure que tout le massif du Torrenthorn depuis le Nivenpass (Restipass) jusqu'au pied des rochers de la Gemmi, depuis Inden jusqu'au Ferbenrothhorn, est de formation liasique.

Tout cet ensemble se continue au nord. On voit depuis le Ferbenrothhorn la bande blanchâtre de corgneule et de calcaire dolomitique, suivre la chaîne des Tennbachhorn et Tellispitze, et passer plus loin au Satteleggi, Hockenalp, Lauchernalp, etc. De l'autre côté, la zone occidentale du calcaire à pentacrines passe sous le Balmhorn, au-dessus du petit glacier qui descend du col de Lötschen dans la vallée de Gasteren.

Diluvium. Nous ne quitterons pas le massif du Torrenthorn sans rappeler la charmante terrasse diluvienne, sur laquelle sont construits les chalets de Torrent et dont le professeur Morlot a autrefois entretenu la Société[1]. Elle est adossée au flanc fort incliné de la montagne et placée à une altitude (1920^{m}) où l'on ne s'attendrait guère à rencontrer des cailloux roulés, mais plutôt une moraine à cailloux striés et polis.

Tufs récents. Mentionnons enfin les dépôts de tuf de Louèche-les-Bains. Ils forment deux massifs, épais de plus de 20 mètres, dont l'un est immédiatement au-dessus de l'hôtel des Alpes et l'autre au-dessous de l'hôpital. On ne peut douter que ces dépôts ne soient le produit des sources thermales. On les voit se former encore aujourd'hui dans le parc de l'hôtel des Alpes. — Quand ont-ils commencé? — Après le retrait des glaciers. Ces tufs reposent en effet sur la boue et les cailloux glaciaires dont ils empâtent la partie supérieure. Ils renferment des empreintes de plantes qui toutes me paraissent se rapporter à des espèces vivant actuellement sur les lieux: mélèze, noisetier, érable faux-platane, matricaire, carex, etc.

Massif du Balmhorn.

Ce massif est séparé de celui du Torrenthorn par la partie supérieure de la vallée de Dala. Il est limité au nord par la vallée de Gasteren, à l'est par la gorge et le petit glacier de Leiti, au sud-est par la Dala, au sud par la Gemmi et à l'ouest par le glacier de Rothkuh et la vallée d'Ueschinen. Il se soude au massif du Wildstrubel par la Gemmi. Le Balmhorn (3688^{m}), l'Altels (3634^{m}) et le Rinderhorn (3466^{m}), en sont les sommités les plus élevées, et sont toutes trois réunies à l'angle nord-est du massif. De ces sommets, les pentes descendent vers l'est et le nord-est jusqu'au sillon qui va du lac de Dauben, par Schwarebach et la Spitalmatte, jusque près de Kandersteg. A l'est de ce sillon la petite chaîne du Felsenhorn-Gellihorn, sert à ce massif de contrefort et de limite. Enfin de l'extrémité sud de cette chaîne, se détache un petit mamelon, sans nom sur la carte, haut de 2525^{m} et contigu au lac de Dauben.

---

[1] Je ne retrouve aucune mention dans le *Bulletin* de la communication du professeur Morlot.

Dans la chaîne des Gellihorn-Felsenhorn, les couches plongent au nord-ouest, avec une inclinaison très variable. Dans le reste du massif, on les voit s'élever avec une régularité majestueuse dès le sillon Daubensee-Spittalmatte jusqu'au sommet des Balmhorn et Rinderhorn; là elles sont coupées à pic. Leur inclinaison est d'environ 30 degrés au nord-est.

Pour faciliter l'étude géologique du massif du Balmhorn, je l'ai divisé en quatre zones. Peut-être des travaux ultérieurs feront-ils voir que ces zones, aujourd'hui artificielles, correspondent à de bonnes divisions géologiques. J'ose me bercer de cet espoir.

PREMIÈRE ZONE. L'étude du massif du Torrenthorn nous a conduit dès le gneiss de la vallée de Lötschen jusqu'au delà du torrent de la Dala, et s'est terminée à la couche à pentacrines que l'on peut suivre dès le glacier jusque près d'Inden, et que nous prenons comme limite. La première zone commence à cette ligne, et comprend la plus grande partie de la splendide paroi de rochers qui ferme la vallée de la Dala à l'ouest et au nord. Elle s'étend depuis le village de Varon jusqu'au Balmhorn, comme une muraille d'aspect infranchissable, déchirée en précipices et découpée en remparts gigantesques. Le Daubenhorn (2880^{m}), les Plattenhörner (2849^{m}), le Rinderhorn (3466^{m}) et le Balmhorn (3688^{m}) en sont les créneaux les plus élevés. Le chemin de la Gemmi la traverse vers le milieu, et permet d'en examiner en détail les différentes assises. J'en ai fait une coupe détaillée (fig. 6). Toutefois à la partie inférieure, les terrains y sont recouverts par des éboulis. Une coupe prise entre Clavinen et Rinderhorn, ou entre le glacier de la Dala et le Balmhorn (fig. 5), permet de combler cette lacune.

1° En dessus du calcaire à pentacrines, se trouvent sur une épaisseur de 50 à 70 mètres, des *schistes gris-noir,* ardoisiers, plus ou moins calcaires, sans fossiles. Sur le chemin de la Gemmi, ces calcaires et ces schistes sont recouverts par les éboulis que le chemin traverse dans ses premiers zigzags.

2° Ici les premières strates à découvert sont un *calcaire lamellaire,* foncé, dans lequel je n'ai pas trouvé de fossiles. Ce banc, épais de 20 à 30 mètres, en se dirigeant au nord-est se partage en deux parties, séparées par des schistes calcaires.

3° Sur ce calcaire reposent des *schistes argileux gris,* lustrés, d'environ 50 mètres d'épaisseur, dans lesquels j'ai recueilli un *Pecten* et quelques fragments d'ammonites, dont l'une pourrait être la *Am. Parkinsoni* Sow. A un kilomètre plus au sud, à la cascade de Pischür, ces schistes sont ardoisiers, mais sans dureté, ensorte que les exploitations qu'on y a tentées, ont dû être abandonnées. En 1855, j'ai trouvé dans ces schistes de petites stries linéaires où j'avais cru reconnaître des *Bactryllium,* caractéristiques, on le sait, de l'âge infraliasique. Cette année, malgré des recherches minutieuses, je n'ai pu en retrouver nulle trace. Les nodules, si abondants dans les schistes de Pischür, ne renferment pas de débris organiques. En tout cas la nature infraliasique de ces schistes est sinon impossible, tout au moins complètement improbable.

4° Plus haut vient un calcaire schisteux gris-noirâtre, contourné et plissé, d'une épaisseur de 100 à 150 mètres sans fossiles. Insensiblement ces calcaires deviennent grenus, lamelleux, puis passent au suivant.

5° *Calcaire gris* peu foncé, grenu, *siliceux,* compacte, très dur. La silice s'y présente sous forme d'un sable fin qui imprégne le calcaire, et aussi en nombreux rognons de couleur assez pâle. Elle remplit souvent tout ou partie des fossiles, ou bien remplace leur test. Vers le milieu des rochers de la Gemmi ce calcaire siliceux forme deux assises principales qui font saillie et portent les deux plateformes gazonnées où les touristes ont l'habitude de reprendre haleine avant d'ascender la dernière rampe du passage. Les deux assises sont séparées par des couches identiques à celles du nº 3. Epaisseur : 150 à 200 mètres.

Les fossiles que j'ai rencontrés dans ces couches, tant à la Gemmi que dans les éboulis du voisinage, sont des térébratules en grand nombre, souvent tout ou à moitié transformées en quartz saccharoïde, des ammonites, des bélemnites, une trigonie, une grande huître et d'autres acéphales. Malheureusement aucune ne paraît susceptible d'une détermination rigoureuse. L'huître paraît être l'*Ostrea Marshii* Sow. du callovien ou divésien; une bélemnite rappelle le *Bel. Fleuriausus*, d'Orb. du bathonien.

Dans les Alpes vaudoises plusieurs points de la chaîne du Muveran ont des calcaires analogues. Au-dessus des chalets de Chamosentze, au Creux de Tsalland et au petit Muveran, un calcaire siliceux identique renferme les mêmes térébratules, en partie transformées en silex saccharoïde, comme à la Gemmi.

5º Plus haut viennent, sur une épaisseur de 20 à 30 mètres, des *schistes calcaires* grenus, contenant des *fucoïdes* mal conservés.

Avant d'arriver au haut du col nous avons encore une centaine de mètres à escalader, mais nous les plaçons dans notre deuxième zone. Nous les étudierons plus loin.

Cette première zone forme donc une bande haute d'environ 500 mètres, qui occupe la plus grande partie des rochers de la Gemmi. De là elle s'étend au nord-est jusqu'à la Regizzi Furke, où elle occupe tout l'espace compris entre le col et la base du piton du Balmhorn. Au sud de la Gemmi, elle suit la paroi des rochers, traverse sous le Daubenhorn et les Trubeln, passe à l'ouest d'Inden, descend en se tenant toujours au pied de la grande paroi coupée par le chemin de Varon, s'abaisse jusqu'à la Dala, qu'elle franchit à peu près à mi-chemin entre Inden et Louèche-la-Ville, puis enfin remonte sur la rive gauche du torrent, et se dirige du côté de l'Obernalp, en tapissant ainsi le pied du massif du Torrenthorn. Les schistes ardoisiers où serpente la route entre Inden et le pont de la Dala, et où l'on trouve quelques rares bélemnites blanches, appartiennent à cette deuxième zone.

Le plongement général des couches est d'environ 30° au nord-ouest pour toute la partie qui s'étend de la Gemmi au Balmhorn. Au sud de ce passage, la direction se modifie, de sorte que sous Inden elle est au sud-ouest, et plus bas sur la rive gauche de la Dala au sud-est avec 30° d'inclinaison. Ainsi, du sud et de l'ouest les couches se relèvent en convergeant vers le sommet du Torrenthorn.

Je reconnais sans peine que les raisons qui m'ont engagé à grouper ces assises en une zone spéciale n'ont aucune valeur scientifique. Rendre plus facile l'étude de ces vastes horizons calcaires, tel était mon but. On saura peut-être un jour quel est l'âge exact de chacune de ces subdivisions. Pour le moment on peut dire que, au point de vue stratigraphique, cet ensemble représente le jurassique moyen et inférieur, et que paléontologiquement rien ne s'oppose à cette conjecture. Dans la carte géologique des Alpes vaudoises de M. Renevier, les points analogues, tels que le pont de Dorbon et la Chamosentze, sont considérés comme terrain jurassique moyen (divésien).

Deuxième zone. Les derniers 200 mètres de la montée de la Gemmi sont formés par un *calcaire à grain fin, gris-bleu clair,* en couches peu épaisses. En suivant la route qui longe le Daubensee, on chemine sur le même calcaire jusque tout près de l'extrémité septentrionale de ce petit lac. A droite, on voit ces couches minces, inclinées au nord-est, s'élever en pente régulière jusqu'au sommet du Plattenhorn, du Rinderhorn et du Balmhorn. A gauche, elles descendent au sud-ouest, occupent le pied du Daubenhorn et le vallon qui va du lac jusqu'au glacier de Lämmern. Ce sont elles qui, corrodées par les agents atmosphériques, ont donné lieu aux grands *lapiais* (Karrenfelder) qui descendent du col de la Gemmi au sud du lac[1].

---

[1] Studer, *Geologie der Schweiz*, tome II, page 55.

Dans ces calcaires on trouve un grand nombre de bélemnites blanches, longues, la plupart fusiformes, qui se laissent détacher sans trop de peine. Elles ne sont pas brisées ou étirées, comme il arrive souvent dans les Alpes. Nous avons pu reconnaître les espèces suivantes :

Bel. hastatus Blainv. du callovien et de l'oxfordien.

Bel. Duvalianus ? d'Orb. du callovien.

Au sud de la Gemmi ces calcaires forment une bande qui passe à environ 300 mètres au-dessous du sommet du Daubenhorn, puis sous les Trubeln. Selon toute apparence, ils constituent à eux seuls la haute muraille de rochers où est taillée la route d'Inden à Varon. Au niveau de Varon les couches franchissent la Dala et viennent tapisser le pied du massif du Torrenthorn, en recouvrant celles de la zone précédente. La grande route qui descend d'Inden à Louèche-la-Ville entre sur ces couches vers une petite gorge située en face du chemin du Varon, et les suit jusqu'au vallon qui monte à Guttet, en face du château de Gampenen. Elles sont surtout reconnaissables au point où la route quitte les gorges de la Dala pour prendre les versants du Rhône. Ici l'inclinaison est d'environ 20° au sud-est.

Il est probable que les grandes pentes rocheuses, au nord de Varon et de Salgesch jusqu'à la Varneralpe, sont formées des mêmes couches.

Le même horizon se rencontre souvent dans les Alpes vaudoises. Plagnières près Châtel-St-Denis, les rochers de Naie, les chalets d'Aveneyre contiennent les mêmes bélemnites. Sur d'autres points, et spécialement dans la chaine du Grand Muveran, la roche aussi bien que les fossiles sont identiques à ceux que nous venons de décrire ; nous citerons le pont de Dorbon et Plannévé. Ici aussi ces jolies bélemnites blanches, spathiques, ne sont pas entrecoupées, et elles se détachent sans grande difficulté d'un calcaire bleuâtre à grain fin. Le professeur Renevier les place dans le callovien.

Ces couches caractérisées par les fossiles que nous avons indiqués sont donc de l'âge jurassique moyen.

Troisième zone. Ces calcaires bleus sont recouverts par d'autres *calcaires* d'une couleur *gris-cendré* et *grenus.* La route de la Gemmi les aborde précisément à l'extrémité nord du Daubensee et les traverse presque à angle droit en descendant à Schwarebach. Les couches en sont régulières, inclinées au nord-est, tantôt minces, tantôt épaisses. Elles contiennent des fossiles en assez grand nombre, surtout le long du chemin. Ce sont tout d'abord des crinoïdes, plus ou moins fragmentées, assez abondantes, de grande et moyenne taille; puis des cidarites, dont j'ai récolté plusieurs individus déformés et quelques radioles, puis des polypiers, des acéphales, et une dent de poisson. Un des bancs inférieurs très dur et épais, situé au bas de la descente, présente des sections de deux grandes espèces de nérinées et d'autres grands gastéropodes.

M. P. de Loriol a eu l'obligeance d'examiner les oursins et les crinoïdes. Il me communique le résultat de son travail en ces termes :

« J'ai examiné avec beaucoup de soin les échantillons du
» Daubensee que vous m'avez envoyés. Leur état de conser-
» vation ne permet par une détermination parfaitement rigou-
» reuse. Cependant les fragments du grand *Cidaris* sont si
» caractéristiques, que je suis à peu près certain qu'ils doi-
» vent être rapportés au *C. pretiosa*, Desor. Ambulacres très
» flexueux, très étroits, avec quatre rangées de granules;
» scrobicules entourés d'une sorte de bourrelet renflé, et
» d'un cercle de granules arrondis bien distincts et espa-
» cés ; granules miliaires très fins, très serrés, couvrant
» toute la surface entre les scrobicules; tubercules fortement
» mammelonés. Voilà toute une série de caractères qui sont
» exactement ceux du *C. pretiosa.* Quant à la taille, elle est
» supérieure à celle de la moyenne des échantillons du Jura,
» mais j'ai figuré (Echinologie helvétique, II, Ech. crétacés)
» des plaques isolées qui ont appartenu à des individus tout
» aussi développés. Vos échantillons sont identiques avec un
» grand exemplaire du Leinematt-Thal, sur le Glärnisch, que

» j'ai rapporté au *C. pretiosa,* et dont il est question dans l'ouvrage précité. Les radioles trouvés avec le test de votre » *Cidaris* confirment encore ma détermination, car les caractères que l'on peut apprécier sur deux d'entr'eux sont parfaitement ceux des radioles du *C. pretiosa,* Desor. C'est donc » à cette espèce que paraissent appartenir vos tests et vos » radioles de *Cidaris,* avec une très grande probabilité, tout » en faisant quelques réserves, motivées par l'état incomplet » des échantillons. J'ajoute encore que les tubercules du *C.* » *pretiosa* sont lisses à la base, et que sur vos exemplaires se » trouvent quelques tubercules qui paraissent assez frais » pour que les crénelures, si elles avaient existé, fussent encore marquées. Je ne connais qu'une espèce décrite qu'il » fût possible de confondre avec le *C. pretiosa,* c'est le *C. pyrenaica.* J'ai indiqué (loc. cit.) les motifs qui me font croire » que les deux espèces devraient être réunies. Dans tous les » cas vos radioles ne sont pas ceux généralement attribués au » *C. pyrenaica.* Les deux espèces se trouvent du reste à un » niveau peu différent. Le *C. pretiosa* étant caractéristique du » valengien, c'est donc à cet étage que doivent être rapportées » à peu près certainement les couches qui renferment vos » échantillons.

» Quant aux fragments de tiges de crinoïdes, ils sont absolument indéterminables. Un petit échantillon de crinoïde » représente la facette articulaire d'un article de tige, elliptique, avec un bourrelet transverse qui a appartenu à une » espèce voisine des *Thiollièricrinus* et *Bourgueticrinus.* Je » n'ai pas encore étudié ces genres spécialement, mais je crois » me souvenir que j'ai vu des articles analogues provenant du » Dat, et envoyés par M. Renevier. Je ne les ai pas sous la » main. Dans tous les cas une détermination spécifique de ce » fragment sera toujours très incertaine.

» Agréez, etc.

» P. DE LORIOL.

» Frontenex, près Genève, 1er février 1877. »

Ces calcaires seraient donc *valengiens*, et avec eux nous sortons des étages jurassiques pour entrer dans les crétacés. Ils méritent que nous nous y arrêtions un instant.

Et d'abord de l'extrémité septentrionale du Daubensee où nous sommes, ils s'élèvent et forment à eux seuls tout le petit Rinderhorn (3003^m), dont le pied vient se plonger dans le petit lac de Schwarebach. Au-delà on les voit descendre au pied de l'Altels, occuper la majeure partie de la Spitalmatte, passer au Dadelishorn et entrer dans le Gasterenthal. Au-delà de cette vallée, ils semblent passer entre le Fisistock et le Doldenhorn. Sa limite est assez nettement marquée par les couches de calcaire terreux bleu-pâle et de calcaire siliceux roux qui le recouvrent.

Notons en passant que la colline sur laquelle est bâtie l'auberge du Schwarebach est en entier formée d'un amas de blocs de toutes dimensions de ce calcaire à grandes crinoïdes. Un examen attentif des lieux montre que cette colline, haute de 300 mètres (2362^m), est le produit d'un éboulement qui s'est détaché du flanc du petit Rinderhorn, et a dû franchir le vallon (2065^m) qui l'en sépare. Pour comprendre que ce vallon ait été franchi et non comblé par l'éboulement, il suffit de le supposer rempli par une épaisseur suffisante de glace, au moment où les rochers s'éboulèrent. L'inspection des lieux semble confirmer cette supposition.

Revenant en arrière, et reprenant nos couches à crinoïdes à l'extrémité nord du lac de Daube, on les voit suivre le bord occidental du lac (2206^m), et s'élever jusqu'au sommet de la colline de 2525^m et ici atteindre à une puissance de 320^m; de là elles se dirigent vers le bas du glacier de Læmmernhorn, puis tournent au sud-est, remontent et atteignent le sommet du Daubenhorn. On peut supposer qu'elles passent aux Trubeln et à la Varneralpe. Enfin j'ai tout lieu de croire que ce même calcaire tapisse aussi le pied méridional du massif du Torrenthorn. Il y formerait les petits plateaux où sont construits Louèche-la-Ville et Varon, et les pentes rocheuses traversées par les tunnels de la ligne du Simplon entre Varon et Salgesch.

La deuxième édition de la carte géologique de la Suisse indique vers la Gemmi, Schwarebach et Spitalmatte une bande jaune de calcaire nummulitique. Mon vénéré professeur et maître, M. B. Studer dit *(Geologie der Schweiz,* T. II, p. 3 et 95) « qu'on voit à Schwarebach le calcaire nummulitique recouvert par le jurassique. »

Lorsque j'eus le plaisir de visiter avec lui ces lieux en 1855, nous remarquions en effet la ressemblance frappante qu'offraient ces couches avec les calcaires nummulitiques des bords du lac de Thoune, nous prîmes pour des nummulites quelques fragments indistincts de crinoïdes, vus par leur tranche, et restâmes convaincus de l'âge tertiaire des rochers de Schwarebach. Ce fait donnait sans doute au profil géologique un aspect étrange [1], mais que de choses plus étranges encore ne rencontre-t-on pas dans les Alpes. Aujourd'hui grâces à de meilleurs fossiles, toute la coupe rentre dans la règle habituelle, et nous nous trouvons en présence d'une suite non interrompue de terrains régulièrement superposés. Les difficultés se présenteront bientôt.

QUATRIÈME ZONE. Si jusqu'à Schwarebach l'étude géologique du sol, commencée avec crainte, m'avait cependant donné quelque satisfaction, et m'avait permis de jeter quelque jour sur ces vastes étendues calcaires, il devait en être bien autrement dans la dernière partie de la tâche que je m'étais imposée. J'abordai la chaîne du Felsenhorn avec la confiance la plus naïve. Je me la figurais simple et facile, aussi riche en fossiles qu'en terrains divers. De loin, je croyais déjà reconnaître la plupart des étages crétacés de nos Alpes vaudoises. C'était pure illusion. Je dus bientôt constater avec confusion que les fossiles caractéristiques étaient rares, et que soit la diagnose des couches, soit leur disposition stratégraphique était au-dessus de mes forces, ou tout au moins réclamerait un travail long et minutieux, auquel je ne pouvais me livrer. Je serai donc sobre de conclusions.

---

[1] STUDER, *Geologie der Schweiz*, T. II, p. 4. Pour le profil Rinderhorn-Adelboden, il faudrait intervertir la position donnée aux calcaires jurassiques et nummulitiques dans la chaîne qui sépare la Gemmi de Ueschinen. On serait alors très près de la vérité.

Voici d'abord un relevé des couches qui reposent sur le calcaire valengien. J'en ai fait deux coupes l'une (fig. 7), dès Schwarebach (2065^{m}) au Felsenhorn (2796^{m}), et l'autre (fig. 8), du lac de Dauben au glacier de Rothkuh. Cette dernière est moins complète, par le fait que je n'ai pu examiner de près les couches au-dessus du calcaire noir feuilleté *(g)*.

LÉGENDES

Fig. 7.

a) Calcaire valengien, 70 mètres (nérinées, *Cidaris pretiosa* Desor, crinoïdes, etc.).

b) Calcaire terreux bleu-pâle, 5 mètres.

c) Calcaire terreux, siliceux, gris, lamelleux, 10 mètres.

d) Calcaire néocomien, arénacé, siliceux, jaunâtre, 3 mètres, et 15 mètres au Thäli *(Belemnites, Ostrea, Terebratula, Toxaster).*

e) Calcaire brunâtre ou jaunâtre au dehors, lamelleux, érodé, à rognons siliceux, 10, 15 et 10 mètres (Bélemnites, *Toxaster).*

e') Calcaire gris-rosé, siliceux, 15 mètres *(Ostrea).*

f) Calcaire gris-clair arénacé, 3 et 2 mètres (Polypiers madréporiques).

f') Calcaire massif gris, du reste semblable à *f*, 15 mètres (*Ostrea*, *Turbinolia* et autres polypiers).

g) Calcaire feuilleté gris-bleu, très foncé, 100 mètres (Térébratule très allongée).

h) Calcaire compacte jaunâtre, à grain fin, 15 mètres.

i) Calcaire urgonien (?) très compacte, gris-blanc, à grain très fin, 40 mètres (Nérinées, caprotines).

k) Calcaire terreux, noirâtre, 30 mètres.

l) Calcaire gris-brun, compacte, stratifié, nummulitique (?) 100 mètres.

Fig. 8.

a) Calcaire oxfordien de la Gemmi *(Belemnites hastatus* Blainv.).

b) Calcaire valengien *(Cidaris pretiosa* Desor, crinoïdes).

c) Calcaire jaune-brun, érodé.

d) Calcaire blanc-bleuâtre.

e) Grès jaunâtre-pâle, siliceux.

f) Calcaire feuilleté, noirâtre.

g et *i)* Calcaire jaune-brun, érodé, semblable à *c*.

h et *k)* Calcaire blanc-bleuâtre, massif semblable à *d*.

l) Calcaire brun, délité, nummulitique (?).

PH. DE LA HARPE.- Géologie de Louèche.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.-Vol. XV.-Pl. III.

Fig. 7.

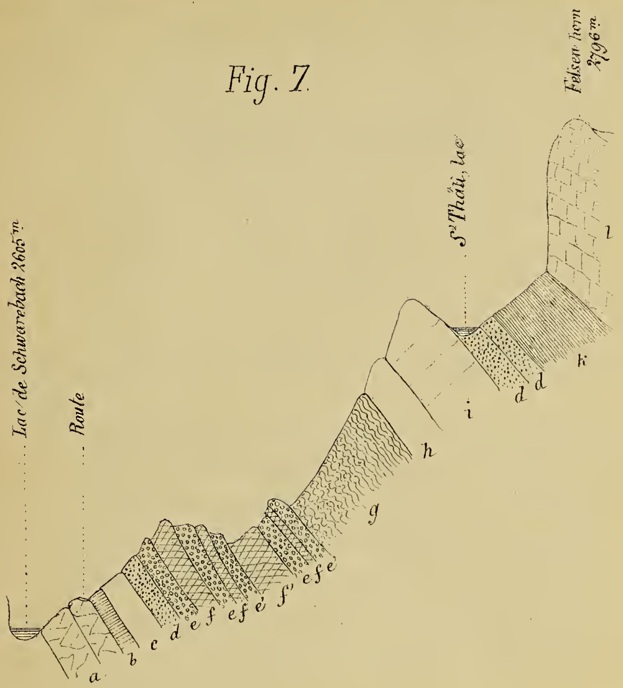
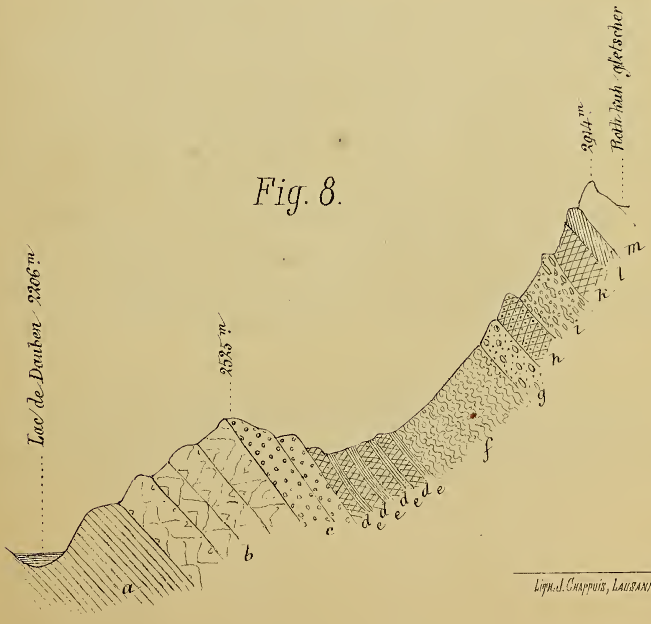

Lac de Schwarzbach 2605m.
Route
St Thäli, lac
Felsen horn 2796m
a
b
c
d
e
f
e
f
e'
f'
e
f
e'
g
h
i
d
d
k
l

Fig. 8.


Lac de Dauben 2206m.
2525m.
2914m.
Rothkuh gletscher
a
b
c
d
c
d
e
d
e
d
e
f
g
h
i
k
l
m

Lith. J. Chappuis, Lausanne.

Je n'ai vu que de loin les couches *g, h, i, k, l,* et indique leurs caractères tels qu'ils se présentent à distance.

Les couches homologues dans ces deux massifs sont les suivantes :

SCHWAREBACH-FELSENHORN.	DAUBENSEE-ROTHKUHGLETSCHER.
a)	*b)*
e)	*c)*
ff')	*d)*
e')	*e)*
g)	*h)*

Quant aux autres, je n'oserais les rapprocher de crainte d'erreurs.

Ces profils sont loin de fournir tous les renseignements que nous voudrions leur demander. Tâchons cependant d'en tirer quelque lumière. Et d'abord nous voyons les premières couches à *Toxaster*[1] recouvrir immédiatement le calcaire valengien au Daubensee. A Schwarebach il en est séparé par un calcaire terreux bleu-pâle, et par un calcaire siliceux et lamelleux *(c)* qui évidemment n'est qu'une modification de la couche suivante à *Toxaster*.

De plus, nous voyons des couches se répéter et même deux d'entr'elles alterner plusieurs fois, surtout dans la partie inférieure du profil. Au-dessus des calcaires arénacés roux ou bruns viennent des calcaires noirâtres lamelleux, fissiles, d'une épaisseur considérable (100^{m}), où j'ai recueilli de petits acéphales et une térébratule très allongée, qui diffère de la *Ter. prælonga* Sow. des marnes néocomiennes. Plus haut, au-dessus de Schwarebach, vient un calcaire blanchâtre, très dur, à cassure conchoïde, renfermant des traces de nérinées et de caprotines, et offrant ainsi les caractères que présente habituellement l'urgonien des Alpes vaudoises. Si c'est là de l'urgonien véritable, comment expliquer la présence au-dessus de lui de nouvelles couches à *Toxaster?* Il faudrait admettre alors un plissement. Mais on n'en voit aucune trace. Toutes les couches sont facilement accessibles, on peut les suivre pied par pied, et nulle part on n'aperçoit le moindre signe qui puisse justifier cette supposition. Quoi qu'il en soit, il est certain que sous le sommet du Felsenhorn, les couches à *Toxaster,* identiques à celles du Schwarebach, reposent sur le calcaire blanchâtre et compacte à caprotines, en stratification concordante. Il faut donc admettre qu'ici ce dernier ne représente pas l'urgonien.

---

[1] Les échantillons recueillis sont trop difformes ou trop peu complets pour permettre une détermination rigoureuse. Cependant on ne peut mettre en doute l'âge néocomien de ces couches. La présence de *Toxaster*, comme seul fossile, suffit dans les Alpes pour caractériser l'âge du terrain.

Je n'ai pu trouver aucun fossile au-dessus des couches à *Toxaster* du Felsenhorn. Je ne puis toutefois m'empêcher de croire que le calcaire gris-foncé au dedans, brunâtre au dehors, compacte, assez régulièrement stratifié, qui en forme le sommet, appartienne au nummulitique. Remarquons enfin que l'aspect général de ces couches offre une grande ressemblance avec leurs analogues dans les Alpes vaudoises. Les calcaires arénacés bruns, érodés, sont identiques aux couches à *Toxaster complanatus* Ag. d'Argentine et des Diablerets, celles du piton du Felsenhorn sont semblables à celles du nummulitique inférieur du lac Célaire, au pied de la Dent du Midi.

Dès le pittoresque petit lac, au fond du vallon nommé s. Thäli, les couches supérieures à *Toxaster,* s'élèvent jusqu'au signal de 2374^m, et de là suivent l'arête jusqu'au Gellihorn (2295^m). Plus loin la pointe du Fisistock paraît en être aussi formée. Leur inclinaison qui était d'environ 15° au nord-ouest sous le Felsenhorn, devient presque nulle au signal de 2374^m, mais en se dirigeant au nord, l'inclinaison au nord-est reparaît, augmente de plus en plus, et atteint la verticale au Gellihorn. En plongeant les regards dans la vallée d'Ueschinen, on voit les calcaires terreux noirs *(k)* descendre jusqu'au dessus des chalets d'Unterbachen, toujours recouverts par le calcaire compacte *(l)*. Au-dessus de ceux-ci on découvre une nouvelle accumulation d'assises calcaires jusqu'au Lohner et au Tschingellochhorn. Du côté du sud les couches à *Toxaster* se dirigent depuis le Felsenhorn du côté du glacier de Lämmern qu'elles franchissent. Elles remontent ensuite avec une inclinaison d'environ 30° au nord-est pour atteindre l'arête qui relie le Lämmerhorn au Daubenhorn.

Dans toute cette zone nous n'avons donc trouvé aucun indice certain de la présence des terrains plus jeunes que le néocomien. Qu'ils doivent exister plus à l'ouest, cela ne peut faire l'objet d'aucun doute. M. le professeur Studer cite (*Geologie der Schweiz,* T. II, p. 95) le nummulitique précisément le long des pentes occidentales de la chaîne du Lohner et de l'Elsighorn. J'ai moi-même recueilli près de Louèche-les-Bains, dans le torrent qui descend des Trubeln, de beaux échantillons de grès vert moucheté, dit grès de Taviglianaz, qui prouvent que les couches nummulitiques émergent quelque part dans le voisinage du Lämmenhorn. Les éléments qui constituent la moraine méridionale du glacier de Lämmern sont composés d'un calcaire grenu, brunâtre, semblable à ceux que l'on rencontre en abondance dans les couches nummulitiques du massif des Diablerets.

Résumant ici ces imparfaites observations, nous voyons qu'en faisant une coupe géologique de la vallée de Lœtschen jusqu'au Wildstrubel, en passant par le Torrenthorn et la Gemmi, on traverse la série des terrains dès le lias au nummulitique, que ces terrains sont en superposition régulière, et que, si l'on observe des plissements qui rendent les rapports stratigraphiques souvent incertains et obscurs, on n'y voit pas de renversements aussi surprenants que dans la zone occidentale de nos Alpes, par exemple à la Dent du Midi et à la Dent de Morcles, montagnes bien plus éloignées cependant de ce que l'on appelle les centres de soulèvement alpins. Ce fait a lieu de surprendre. Peut-être, — disons mieux, — probablement nos théories actuelles sur le soulèvement des montagnes sont-elles encore en défaut.

L'avenir l'apprendra.

OBSERVATIONS
SUR LA
MALADIE DE LA VIGNE
connue sous le nom de « blanc »

par le professeur J.-B. SCHNETZLER

Au mois d'avril de cette année (1877) je reçus de Sion un fragment de racine de vigne. Cette racine était désorganisée, l'écorce se détachait, les faisceaux vasculaires s'exfoliaient; les rayons médullaires étaient gorgés d'une matière brun-rougeâtre, en stries ou en masses globuleuses. M. Max. Cornu a trouvé cette même matière dans des racines de vignes phylloxérées[1].

« Ce sont, dit-il, des cellules pleines d'une sorte de gomme. L'existence d'une quantité très notable de ces réservoirs de gomme n'est cependant en rien le signe de la présence du *phylloxera.* » En effet, le fragment de racine que j'ai examiné ne présentait, malgré les symptômes de maladie grave et de mort même, aucune trace de ce redoutable insecte. En revanche on trouvait sur l'écorce et entre les fibres disloquées du bois un petit *Acaride (tyroglyphus)* blanc en assez grand nombre, de même que des *Anguillules* semblables à celles qui se trouvent dans le blé malade[2].

Sur la surface où la racine avait été coupée, ainsi que sur le corps ligneux dépouillé de son écorce, on apercevait des houppes de filaments blancs qui s'affaissaient au moindre contact en formant des flocons blancs composés de cellules de champignons enchevêtrées. Ces filaments blancs ou grisâtres, étaient ramifiés, avec ou sans cloisons transversales. Ils sont formés de cellules cylindriques ou hyphæ, dont le diamètre va en diminuant vers l'extrémité du filament qui se terminait tantôt en pointe, tantôt en surface arrondie ou en un léger renflement. A la surface de ces houppes délicates dont j'ai parlé on voyait perler des gouttelettes d'eau d'une transparence parfaite. Dans l'intérieur des cellules se trouvaient souvent, dans un protoplasma finement granuleux, de petites gouttes d'huile présentant une teinte d'un jaune-rougeâtre. Les cellules allongées et cylindriques qui composaient ces filaments poussaient latéralement de petites protubérances dont l'extrémité était arrondie. J'ai vu souvent les protubérances latérales de deux filaments voisins se fondre ensemble à leur extrémité et présenter ainsi le mode de reproduction connu sous le nom de conjugaison (conjugatio). Quoiqu'au moment de l'observation je n'aie pu trouver ni sporanges, ni spores proprement dites, je crois pouvoir conclure de la description précédente que les filaments en question provenaient du *mycelium* d'un champignon de l'ordre des *phycomycetes,* famille des *mucorinées,* genre mucor.

---

[1] Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris. 1874.

[2] Une espèce de tyroglyphus, T. phylloxeræ, est un des ennemis du phylloxera. M. Blankenhorn, de Carlsruhe, a constaté la présence de cet acaridien sur des vignes américaines, cultivées en Europe.

Entre les fibres du bois désorganisé on aperçoit des filaments de champignon d'une autre nature, ce sont des cordons blancs se ramifiant de plus en plus, présentant de nombreuses anatosmoses et se terminant en pointes. C'est un mycelium qui ressemble à celui des hymenomycetes du genre agaric. Quelques champignons de ce groupe vivent comme parasites sur les conifères d'où nous tirons les échalas. L'*agaricus melleus*, par exemple, détruit, par son mycelium, les sapins et les pins en désorganisant les cellules des radicelles, puis de la racine entière; les filaments montent ensuite dans le liber et le bois du tronc; une plante de dix ans est tuée dans le courant d'une année; les aiguilles jaunissent, les parties intérieures deviennent brunes ; les rayons médullaires sont traversés par des lacunes dans lesquelles il s'accumule une quantité énorme de résine. Cet agaric, qui cause la mort des conifères, produit le même effet sur différentes espèces du genre prunus. J'ai vu périr de cette manière toute une plantation de jeunes et vigoureux pêchers. Dans les vignobles de Cully où les vignes souffrent beaucoup et meurent en présentant des myceliums de champignons semblables à ceux dont nous venons de parler, j'ai trouvé un exemplaire d'*agaricus melleus* dont le stroma communiquait encore avec un échalas en bois de sapin à l'intermédiaire des filaments blancs et ramifiés du mycelium. Ce dernier, tout en agissant comme parasite dans les végétaux vivants, peut vivre comme saprophyte, c'est-à-dire dans une matière organique morte, comme par exemple sur des planches, des échalas, surtout quand ces derniers pourrissent dans le sol. La marche de la maladie dans les forêts de sapins présente le même mode de rayonnement autour d'un centre comme dans les vignes dont les racines sont infectées de champignons.

Quant au mucor dont nous avons parlé plus haut, sa présence est évidemment, dans la vigne examinée, l'effet, et non la cause de la maladie ; il se développe vigoureusement dans le tissu végétal mort ou mourant dont il hâte la désorganisation. Les anguillules qui accompagnaient le mycelium de mucor vivaient aussi aux dépens des matières végétales qui se trouvaient dans les racines en décomposition, comme, par exemple, l'amidon qui, il est vrai, n'était pas abondant. Les tyroglyphus ne causaient pas non plus la maladie de la vigne, car ils se nourrissaient des matières azotées en décomposition et peut-être des anguillules.

Un fait qui me frappait pendant l'observation microscopique de ces racines de vignes, était la quantité énorme de bactéries globuleuses et en baguettes qui nageaient vivement dans le liquide entourant les tissus désorganisés. Sans doute ces petits organismes se trouvaient là comme dans beaucoup de matières organiques en décomposition, mais ils hâtent en tous cas cette décomposition et leur présence dans un sol humide renfermant des matières putrescibles pourrait bien avoir une influence fâcheuse sur les végétaux qu'on y cultive.

Si, au point de vue pratique, on veut arriver à une guérison des vignes frappées de la maladie dont un des symptômes est la présence de filaments ou de myceliums de champignons, il s'agit avant tout de bien distinguer ce qui est la cause et ce qui est l'effet de la maladie.

La solution de cette question est du reste souvent bien compliquée. Nous avons vu que l'*agaricus melleus* peut causer, à l'aide de son mycelium, la mort des sapins, des pins, des pêchers, etc., tandis que sur des planches et des échalas de sapin il vit comme saprophyte, c'est-à-dire son existence est favorisée par des matières organiques provenant d'un organisme déjà mort.

Il se pourrait fort bien que les mucorinées introduites dans le sol par des engrais fermentescibles et rencontrant dans un terrain humide quelques radicelles de vigne déjà désorganisées devinssent de même que les bactéries la cause de la maladie et de la mort de la vigne tout entière.

Dans certaines parties de la France où l'emploi des échalas est inconnu, on trouve des vignes malades dont les parties souterraines sont couvertes de filaments de champignons. Par une communication de M. E. Planchon, j'ai appris que ce cas se présente souvent sur des vignes plantées dans des terres autrefois occupées par des chênes verts.

Il y a ici certainement encore bien des études à faire pour distinguer, abstraction faite de l'action de certains insectes, etc., la part qui revient aux causes physiques et aux végétaux cryptogames dans les maladies qui frappent une grande partie des vignobles de l'Europe et de l'Amérique[1].

---

[1] Les vignes américaines, les *Vitis Labrusca* et *æstivalis*, sont attaquées dans leur patrie par un champignon parasite, le *Peronospora viticola*. Bert. Il appartient au même genre que celui qui a si gravement atteint la culture des pommes de terre. Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris, 1874. Ce champignon nous fait voir un nouveau danger dans l'importation des cépages américains.

Pour bien me rendre compte des altérations produites dans la vigne malade dont je ne possédais qu'un fragment de racine, j'examinai sous le microscope la structure d'un jeune sarment sain qui commençait son travail de végétation vers la fin d'avril.

Lorsqu'on pratique une coupe transversale, les rayons médullaires se distinguent du tissu fibro-vasculaire par leur coloration verte produite par des grains de chlorophylle, qui se forment ici sous une enveloppe qui paraît complétement opaque.

Lorsqu'on traite une de ces coupes transversales avec de la teinture d'iode étendue d'eau, on voit se colorer en bleu les nombreux grains d'amidon qui se trouvent dans les cellules à chlorophylle des rayons médullaires. La quantité d'amidon diminue à partir de l'étui médullaire à mesure qu'on se rapproche de l'écorce. Les cellules de la moelle renferment principalement de l'air. Les cristaux d'oxalate de calcium sont presque nuls.

On admet généralement que l'amidon se forme avec les éléments de l'acide carbonique et de l'eau sous l'influence de la chlorophylle et des rayons du soleil. M. Giovanni Briosi a trouvé quelques exceptions à cette règle. Dans la chlorophylle des *strelitzia* et *musa,* il a vu se former de l'huile à la place de l'amidon; dans les grains de chlorophylle d'allium cepa où l'amidon manque, le même auteur admet la formation de glycose. Plus récemment M. Briosi a constaté l'absence de l'amidon dans les feuilles de vigne, excepté une petite quantité dans les faisceaux fibro-vasculaires des nervures. Le glycose et les matières grasses manquaient également ou ne s'y trouvaient qu'en quantités minimes. La seule substance qui se trouve en quantité abondante dans les feuilles de vigne est le tannin. Il ne résulte cependant pas encore de ces observations que le tannin se soit formé dans les grains de chlorophylle[1].

La grande quantité d'amidon que j'ai constatée dans les cellules à chlorophylle des rayons médullaires d'un sarment qui n'avait pas encore de feuilles, ne se serait donc pas formée directement, d'après les observations qui précèdent, par le travail d'assimilation des feuilles de l'année précédente. Ou cet amidon s'est formé dans les cellules à chlorophylle du sarment, ou il résulte de la métamorphose d'une autre matière élaborée par les cellules des feuilles. Quoi qu'il en soit la présence presque exclusive des grains d'amidon dans les cellules à chlorophylle, paraît indiquer une connexion entre la présence de l'amidon et l'action de la chlorophylle dans les jeunes tiges de vigne non encore feuillée, dans lesquelles la sève est cependant déjà en mouvement, apportant dans les cellules vertes, l'eau et des carbonates puisés dans le sol.

---

[1] Nuovo giornale botanico italiano. Gennajo 1877, p. 39.

Il est aujourd'hui prouvé que l'oxygène est aussi bien absorbé par les racines que par les feuilles, que la présence de ce gaz dans le sol est même nécessaire pour le développement normal de la plante[1]. L'acide oxalique produit par l'oxydation des hydrates de carbone, contribue à la décomposition des carbonates et à la production de l'acide carbonique utilisé dans le travail d'assimilation. Les myceliums de champignon dont nous avons parlé plus haut, absorbent avidement l'oxygène et le transmettent aux matières oxydables. Ils pourraient ainsi contribuer à la formation de la quantité *anormale* d'oxalate de calcium que nous avons trouvé dans nos racines de vigne malade.

Dans les racines saines on trouve peu d'amidon dans les rayons médullaires qui ici ne sont pas verts, tandis qu'il se trouve en abondance sous l'épiderme de l'écorce. On voit en revanche beaucoup de cristaux d'oxalate de calcium dans les rayons médullaires et les faisceaux fibro-vasculaires.

Lorsque nous comparons maintenant des coupes transversales de la racine provenant de la vigne malade de Sion avec celles des racines saines, nous y constatons l'absence à peu près complète de l'amidon, une quantité énorme d'oxalate de calcium et la présence de la matière gommeuse d'un jaune-brun dans les rayons médullaires.

---

[1] Voir la note additionnelle 1.

Après avoir constaté ces résultats sur les vignes malades de Sion, j'ai entrepris une nouvelle étude sur les racines de vignes malades de Cully (Vaud, Suisse) dont je m'étais déjà occupé il y a quelques années.

Dans les radicelles dépourvues de mycelium et encore relativement saines, on trouve beaucoup d'amidon dans l'écorce, la matière gommeuse manque presque complétement. Dans les racines plus grosses et déjà attaquées par la maladie on rencontre encore de l'amidon dans les rayons médullaires surtout là où ils s'épanouissent dans l'écorce. Dans les faisceaux fibrovasculaires et même dans les vaisseaux se trouve une matière gommeuse d'un jaune-orange. Dans un sarment qui était dans la même phase de maladie que la racine dont je viens de parler, on voit la matière jaune-orangée dans le tissu fibro-vasculaire, dans les vaisseaux et dans la moelle, l'amidon se trouve encore en assez grande quantité dans les rayons médullaires, surtout du côté de la moelle, tandis que dans les racines il est accumulé dans l'écorce[1].

En examinant enfin une racine tout à fait malade et moisie, je n'y trouve plus trace d'amidon. Les rayons médullaires, le tissu fibro-vasculaire, les vaisseaux sont remplis d'une matière jaune brune (gomme, humus). Dans ces tissus désorganisés on aperçoit une quantité énorme de *bactéries* vivantes[2] et de myceliums de champignons. Ces myceliums sont comme dans la vigne de Sion de deux sortes; l'un provient d'une mucorinée qui, dans les vignes malades de Cully, se rapproche davantage des penicillium[3]; l'autre, forme des cordons blancs, ramifiés qui se trouvent sous l'écorce et pénètrent de là dans le tissu ligneux. Ce dernier mycelium présente tous les caractères des *Rhizomorpha* dont la plupart ne sont qu'une phase de développement de différents champignons, par exemple des agarics, etc. Dans le Rhizomorpha des vignes malades de Cully on distingue une couche corticale blanche qui renferme des hyphæ ou cellules allongées, minces, blanches, serrées et enchevêtrées. Cette structure distingue facilement le Rhizomorpha, des radicelles ramifiées et desséchées.

---

[1] L'amidon accumulé dans l'écorce donne lieu à la production de glycose. C'est de l'épaisseur de la couche corticale qui sépare la matière nutritive de l'épiderme que dépend en partie la résistance d'une vigne à l'action du phylloxera. L'étude anatomique des radicelles et racines de vigne présente sous ce rapport un grand intérêt.

[2] Voir note additionnelle 2.

[3] D'après Brefeld, Penicillium glaucum appartient au genre Eurotium dont il ne représente que la forme à conidies.

Les hyphæ renfermées dans la couche corticale percent quelquefois au dehors en formant de petites houppes qu'il ne faut pas confondre avec celles formées par des mucorinées, etc.

Hartig (Wichtige Krankheiten der Waldbäume. Beiträge zur Mycologie und Phytopathologie für Botaniker und Forstmänner. Berlin, 1874) décrit d'une manière détaillée la forme du Rhizomorpha qui correspond à l'*agaricus melleus*, et qui d'après lui produit la maladie des conifères caractérisée par une production anormale et profuse de la résine et par la désorganisation des tissus qui amène la mort. L'auteur a observé le même Rhizomorpha sur *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia*, *Crathægus*, *Fagus*, *Betula*.

Le mycelium filamenteux de ces Rhizomorpha que Hartig regarde comme la partie absorbante du champignon, se développe des hyphæ corticales sous forme de filaments qui s'en éloignent en se ramifiant. Ces filaments pénètrent non-seulement dans l'écorce et le liber, mais en traversant les rayons médullaires, ils passent dans le corps ligneux. Chez les conifères ils recherchent surtout les canaux à résine. Le tissu qui renferme de l'amidon dans le voisinage de ces canaux est désorganisé par ces filaments, d'où il résulte de grandes lacunes. Cette rapide destruction du corps ligneux s'opère aussi dans les arbres morts, les planches, échalas, etc. Dans les racines et troncs morts, le champignon peut vivre pendant bien des années comme saprophyte. Il se propage des racines malades et mortes en rayonnant aux plantes du voisinage, sur lesquelles il s'établit comme parasite. Le Rhizomorpha pénètre ordinairement dans une racine latérale, de là il s'élève au collet de la racine d'où la maladie se répand rapidement sur toute la racine, de même qu'aux plantes voisines, surtout lorsque celles-ci sont cultivées à de petites distances les unes des autres. Sous l'influence du mycelium, les cellules qui renferment de l'amidon brunissent et se dissolvent, ce qu'on observe surtout chez celles des rayons médullaires.

Ces observations se rapportent d'une manière frappante au Rhizomorpha de la vigne, dont le mycelium blanc, filamenteux, passe de l'écorce dans le corps ligneux, brunissant et détruisant les cellules à amidon. La matière gommeuse qui se produit d'une manière anormale dans la vigne malade est probablement due à une transformation de l'amidon.

Nous avons déjà mentionné plus haut la présence d'un mycelium d'agaric sur un échalas de sapin dans un vignoble de Cully connu par la maladie du « blanc » et nous croyons que c'est entre autres par les échalas que le Rhizomorpha de la vigne peut arriver dans un vignoble. Une fois établi de cette manière dans un certain nombre de souches, le mal se répandra peu à peu et deviendra persistant même après l'arrachage de la vigne. Des arbres plantés dans une vigne ou dans son voisinage, comme, par exemple, des pruniers, pêchers, etc., peuvent encore servir comme véhicule du Rhizomorpha. Des sols défrichés dans lesquels sont restés des fragments de racines d'arbres habités par des champignons peuvent transmettre le germe de la maladie aux vignes qu'on y cultive.

Dans un rapport adressé au ministre de l'agriculture en France, M. F. Demole mentionne une maladie qui frappe les vignobles de la Savoie et dont les symptômes sont tout à fait les mêmes que ceux présentés par les vignes malades de Cully, de Sion, des vignobles de la Suisse allemande, etc. etc. On y observe également un mycelium de champignon. M. Demole reproduit dans son rapport l'opinion d'un viticulteur bien connu de la France qui voit dans la maladie dont nous parlons une sorte de précurseur du phylloxera, ce qu'il exprime par la désignation *d'ébranlement phylloxérique.* Nous ne croyons pas à une connexion de la maladie de la vigne causée par des rhizomorpha (c'est-à-dire des mycelium de champignon appartenant probablement au genre agaric) et la marche progressive du phylloxera. Il nous semble même probable que le phylloxera ne se dirigera pas de préférence vers les vignobles infectés de champignons.

Au point de vue pratique il me semble résulter de ce qui précède les règles suivantes :

1° Arracher et éloigner de la vigne toutes les souches fortement attaquées par les champignons et servant comme foyers d'infection.

2° Introduire dans le sol, autant que possible sur les racines des vignes malades encore susceptibles de guérison, du soufre en poudre ou un mélange de soufre et de goudron pulvérisé.

3° Si on ne veut pas remplacer les échalas de bois par des échalas de fer (ce qui se fait dans quelques endroits), imprégner d'une solution de sulfate de cuivre ou fortement goudronner les échalas de bois.

4° Employer pendant quelque temps exclusivement des engrais minéraux ou au moins un mélange de ces engrais (gypse, cendres, phosphates, sels de potasse, etc.) avec les fumiers de ferme.

5° Faciliter l'écoulement de l'eau.

6° Eviter la culture des pruniers, pêchers, abricotiers dans les vignobles.

7° Retirer du sol tout fragment de bois d'échalas, de racines d'arbres, etc.

8° Eviter le trop grand rapprochement des ceps.

Notes additionnelles :

1. L'oxygène absorbé au printemps en se combinant avec le carbone des hydrates de carbone, doit produire une cer-

taine quantité de chaleur. Certaines plantes résistent au printemps d'une manière remarquable à plusieurs degrés de froid au-dessous de zéro.

Au commencement de mars 1877, des bourgeons épanouis de *Ribes grossularia* ont résisté pendant quatre nuits de suite à des températures de — 4, 5, 6, 7 et 8°.

2. D'après Davaine, les bactéries déterminent dans les plantes une gangrène humide des tissus et quelquefois des ulcérations sèches; ces lésions commencent ordinairement par les racines et envahissent graduellement toute la plante. D'après le même observateur, on peut transmettre la maladie par inoculation.

Il faudrait ici de nouvelles recherches pour savoir en quoi consiste le rôle des bactéries dans les maladies en question. (Baillon, *Dictionnaire de botanique,* V^me^ fascicule, page 341).

Quelques observations sur la Phytolaque commune

(Phytolacca decandra)

par **J.-B. SCHNETZLER**, professeur.

La Phytolaque commune, appelée vulgairement Laque ou Raisin d'Amérique, est une belle plante rustique à haute tige ramifiée, sillonnée. Ses feuilles traversées par des nervures rouges sont larges, ovales, lancéolées. L'enveloppe florale est simple, divisée en cinq parties et de couleur rosée ; elle entoure dix étamines et dix carpelles. Le fruit forme une baie charnue, déprimée, globuleuse à dix côtes, d'un violet foncé et remplie d'un suc coloré en beau rouge-carmin. Cette plante originaire de la Virginie se trouve répandue dans tout le Sud de l'Europe ; elle prospère très bien dans nos régions. La matière colorante des baies de Phytolacca est employée pour colorer les vins malgré les propriétés drastiques et émétiques qu'elle possède.

Observations sur la pulpe colorée des baies.

Lorsqu'on examine sous le microscope la pulpe colorée des fruits de *Phytolacca decandra*, on trouve le tissu cellulaire de cette pulpe traversé par des faisceaux vasculaires ramifiés, le long desquels la matière colorante se trouve en plus grande quantité que dans le parenchyme qui les entoure. Cette matière est contenue à l'état liquide dans des cellules sphériques et ovoïdes à enveloppe incolore ; on y aperçoit distinctement un noyau d'un rose pâle ou blanchâtre et des grains de chlorophylle complétement cachés dans la matière colorante rouge. Le protoplasme forme de nombreux courants partant du noyau de la cellule.

Lorsqu'on place la pulpe colorée dans de l'eau, on est frappé du polymorphisme de ses cellules. Le protoplasme se contracte et se retire de la paroi cellulaire; on dirait que la cellule entière change de forme comme une Amoeba. Dans l'eau pure et surtout dans une solution de borax, la matière colorante rouge de la pulpe diffuse rapidement dans le liquide ambiant ; mais cette couleur s'altère en peu de temps au contact de l'air, tandis qu'elle se maintient fort bien dans l'alcool.

Lorsqu'on expose à un courant d'eau la pulpe qui a séjourné dans une solution de borax ou simplement dans l'eau, toute la matière colorante rouge est entraînée et la pulpe montre alors une belle coloration d'un vert clair. Nous avons ici un nouvel exemple de l'existence de la chlorophylle, cachée dans une autre matière colorante comme par exemple dans *Limodurum abortivum*, *Neottia nidus avis* et dans les algues de l'ordre des *Floridées*. Quoiqu'elle soit ainsi complétement cachée, la chlorophylle peut néanmoins jouer son rôle important dans le travail d'assimilation.

Les cellules qui composent la pulpe des fruits mûrs de Phytolacca renferme une grande quantité de cristaux prismatiques d'oxalate de calcium. Le jus exprimé de cette pulpe change rapidement de nuance lorsqu'on le verse dans de l'eau qui tient en solution des sels calcaires. D'après les observations de Duclau (Iust. Jahresbericht der Botanik, 1874, page 950) la matière colorante de *Phytolacca decandra* est décolorée instantanément par l'hydrogène à l'état naissant; tandis que les matières colorantes naturelles du vin ne le sont que fort lentement.

Distribution de la matière colorante rouge, dans différents organes de *Phytolacca decandra*.

Dans les jeunes plantes de Phytolacca, la tige, ses ramifications et les feuilles sont entièrement vertes; l'enveloppe florale est d'abord blanche, le fruit vert. A mesure que la plante se développe, la tige se colore en rouge de même que les nervures des feuilles. On voit apparaître ensuite la coloration rouge dans les pédoncules des fleurs et dans toutes les ramifications de l'axe de l'inflorescence. Les sépales deviennent rouges, tandis que les baies d'abord vertes prennent peu à peu une coloration d'un beau rouge foncé dans la pulpe, violet-noirâtre dans l'épicarpe.

Lorsque pour mieux comprendre la distribution de la matière colorante on examine sous le microscope les différentes parties colorées, on trouve que l'épiderme de la tige et des pédoncules des fleurs est incolore; il est formé de cellules anguleuses qui deviennent jaunes dans la teinture d'iode et dont la paroi présente une structure stratifiée. Le parenchyme sous-épidermique est formé par des cellules cylindriques renfermant la matière colorante rouge; plus profondément on trouve des cellules allongées, cylindriques, encore teintées en rose dans lesquelles la couleur verte prédomine. Plus profondément encore se trouve un tissu fibro-vasculaire. En se rapprochant encore davantage du centre, on trouve des vaisseaux spirifères, annulaires, ponctués; mais les cellules qui les accompagnent ne présentent aucune coloration rouge. Au centre de la tige se trouve un tissu médullaire avec des cellules polyédriques. Le tissu cellulaire qui se trouve immédiatement sous la couche rouge est littéralement rempli de cristaux d'oxalate de calcium.

La coloration rouge de la tige commence par sa base et s'avance dans les pétioles des feuilles inférieures, de là dans la nervure médiane et les nervures latérales. Les premières baies qui commencent à rougir sont celles qui se trouvent à la base de l'inflorescence, c'est-à-dire du côté de la tige ou de l'axe qui les supporte. Pour savoir si la belle matière colorante des baies de Phytolacca se forme dans ces baies mêmes sous l'influence de la lumière, j'ai caché une grappe de fruits verts encore attachée à la plante dans un manchon de carton, complétement impénétrable à la lumière.

Quinze jours après, les baies étaient colorées d'un beau violet foncé. Lorsqu'on prive une plante de Phytolacca d'une partie de ses feuilles, la coloration des fruits est ralentie et se fait quelquefois très imparfaitement. La présence de la grande quantité d'oxalate de Calcium dans toutes les parties des plantes de Phytolacca colorées en rouge ne me semble pas indifférente. On observe le même fait dans le bois de Brésil et de Campêche où la matière colorante rouge est accompagnée de ces mêmes cristaux. Une combinaison chromogène, qui se forme probablement par le travail d'assimilation des feuilles, diffuse dans les différentes parties de la plante et se colore en rouge dans certaines conditions parmi lesquelles paraît se trouver la présence de l'acide oxalique. Dans l'expérience bien connue de Biot la matière colorante des baies de Phytolacca absorbée par une plante de Jacinthe aux fleurs blanches a diffusé à travers le tissu cellulaire de la tige en suivant surtout les faisceaux vasculaires ; elle s'éleva ainsi jusque dans les fleurs qu'elle colora en rouge. Au bout de deux à trois jours la coloration disparut; le chromogène était redevenu incolore.

D'après les recherches de C. Kraus (Neues Repertorium für Pharmacie, Bd. XXII, Hfl. s) la coloration rouge des feuilles en automne est produite par l'acide oxyphénique qui forme une belle couleur rouge avec les acides végétaux, par exemple avec l'acide oxalique. L'auteur a constaté l'acide oxyphénique non-seulement dans les feuilles automnales mais dans les plantes en pleine végétation. Les feuilles rouges de la vigne du Canada renferment des cristaux d'oxalate de Calcium comme les tissus colorés en rouge de Phytolacca ; c'est donc probablement l'acide oxyphénique qui forme le chromogène dont nous avons parlé plus haut[1].

---

[1] L'acide oxyphénique peut être dérivé du glycose de la manière suivante : $C^6 H^{12} O^6 = C^6 H^6 O^2 + 3 H^2O + O$.

NOUVELLES RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR L'INFLUENCE DE LA DÉPRESSION ATMOSPHÉRIQUE

sur l'habitant des montagnes

PAR

A. MERMOD

Il est naturel d'admettre que les variations de pression atmosphérique exercent une influence sur la vie de l'homme. Nous voulons parler ici des variations de pression entre les différents niveaux au-dessus de la mer, et non pas des changements barométriques journaliers dans une seule localité; leur influence est trop passagère et trop mélangée d'autres causes pour pouvoir être prise en considération.

L'homme a établi sa demeure à des hauteurs extrêmement variées : tandis que les lieux habités de nos Alpes correspondent à une altitude moyenne de 1500^m environ, nous voyons dans les autres continents des plateaux élevés de plus de 2000^m nourrir des millions d'êtres humains, et des villes importantes bâties au-dessus de 3000^m. A de pareilles élévations, où l'air est bien moins dense qu'au niveau de la mer, il va sans dire — et tout le monde est d'accord sur ce point — que l'habitant des montagnes sera placé dans des conditions nécessairement funestes, si son organisme n'est point en état de compenser par une respiration plus active l'influence de la diminution d'un gaz dans lequel il puise à chaque instant les sources essentielles de son existence. Est-il capable de réagir contre cette influence? C'est ici que les opinions diffèrent.

On sait que tous les voyageurs en montagne ou en ballon ont accusé et décrit un ensemble de désordres qui changent considérablement les conditions d'équilibre physiologique, et que l'on connaît sous le nom de *mal de montagne.* Nous n'avons pas à en faire ici la description, non plus que la revue des nombreuses théories qui ont été successivement émises pour expliquer ce malaise particulier. Il nous suffit de savoir que cette question si discutée du mal des montagnes, a été résolue d'une façon remarquablement nette par P. Bert. Ce physiologiste distingué en expérimentant sur des animaux soumis à différentes pressions barométriques et en faisant l'analyse des gaz de leur sang, a montré d'une façon rigoureuse que la cause essentielle du mal des montagnes est due à une *asphyxie par privation d'oxygène*[1].

Tel est le résultat dont MM. P. Bert et Jourdanet se sont servis pour l'appliquer à une circonstance plus importante au point de vue pratique, que celle des ascensions brusques en montagne ou en ballon; je veux parler de l'habitation longtemps prolongée, de l'existence habituelle et régulière à des altitudes plus ou moins grandes au-dessus du niveau de la mer. Longtemps avant que les résultats de Bert fussent connus, le D^{r} Jourdanet, qui a passé une longue série d'années sur les côtes et sur les hauts plateaux du Mexique, avait signalé chez l'habitant des régions élevées, un état physiologique, ou plutôt un état pathologique tout particulier, caractérisé par une *anoxyhémie* due à la moindre richesse du sang en oxygène. En d'autres termes, les symptômes subits éprouvés par le voyageur en montagne, et que M. Jourdanet appelle « anoxyhémie aiguë, » continueraient à se manifester, quoique d'une manière moins intense, chez l'habitant des hauts plateaux. Ces idées tout-à-fait nouvelles et entièrement opposées à ce que l'on avait admis jusqu'à présent, furent combattues par la plupart des physiologistes. Ceux-ci, se fondant sur le fait important de la constance de l'oxygène uni chimiquement à l'hémoglobine, et non-seulement mélangé au sang, considèrent l'habitant des montagnes comme capable de compenser parfaitement la pénurie de l'oxygène ambiant par une respiration et une circulation plus actives.

---

[1] J'aurai plus loin l'occasion de revenir sur ce fait important, et de montrer qu'il avait été publié bien des années auparavant par M. le professeur Hoppe-Seyler.

J'abandonne pour le moment les théories que je n'ai fait qu'effleurer rapidement, et préfère entrer immédiatement en matière en communiquant mes travaux personnels; je décrirai pour chacun d'eux la méthode employée, mais pour tous j'insiste particulièrement sur ceci : c'est que toutes les observations ont été recueillies sur moi-même, dans différentes localités où j'étais en séjour depuis un mois et demi au moins; il s'agit donc ici de l'existence régulière, de l'habitation suffisamment prolongée à différentes altitudes. En dehors de ces *conditions fondamentales*, je considère tout résultat comme inexact en ce qui concerne la physiologie des habitants des différents niveaux. Que nous importe en effet de savoir qu'un touriste arrivé péniblement au sommet d'une montagne, ou qu'un animal enfermé subitement dans une atmosphère raréfiée, accuse une variation dans la quantité d'acide carbonique exhalé par les poumons, dans l'état du pouls et dans la température du corps? Cela ne prouve pas que les mêmes modifications se rencontrent chez l'homme qui passe toute son existence à quelques milliers de mètres au-dessus du niveau maritime.

Je n'ai nullement la prétention d'avoir résolu un problème si vaste et si compliqué. Je désire seulement y apporter quelques faits entièrement nouveaux, puisqu'ils ont été recueillis dans des conditions que personne n'a utilisées avant moi.

CHAPITRE PREMIER

Influence de la dépression barométrique constante sur le pouls.

L'accélération des battements du cœur à mesure que l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer, est un fait connu et admis depuis longtemps ; les touristes et aéronautes ont soin d'en parler dans leurs relations. Au sommet du Mont-Blanc, après 4 heures de repos, de Saussure remarqua que son pouls donnait 100 battements à la minute, celui de son domestique 112, et celui du guide 98, alors que, à Chamounix, également après le repos, les mêmes, dans le même ordre, battirent 72, 60 et 49. Dans l'ascension célèbre de Crocé-Spinelli et Sivel, le premier de ces intrépides voyageurs observa à la hauteur de 7000^{m} environ que son pouls battait 140, alors qu'à terre, la moyenne n'était que 80. Enfin, dans ses expériences de laboratoire, P. Bert a le plus souvent trouvé une accélération circulatoire chez les animaux soumis à une diminution de pression. Toutes ces observations, quoique très multipliées et donnant presque toujours des résultats identiques, sont faites dans des conditions trop complexes, les facteurs qui peuvent influencer la fréquence des pulsations du cœur, sont trop nombreux pour que l'on puisse avec sûreté faire la part due à la variation de la pression barométrique. Et même, en supposant que l'on ait obtenu cette part en réduisant à 0 pour un moment tous les autres facteurs, il ne serait pas encore prouvé que cette accélération du pouls observée chez le voyageur, fût réelle chez le montagnard. Parmi ces facteurs, nous signalerons dans les ascensions de montagne, la fatigue musculaire, l'excitation morale, les changements de température et l'ensemble des troubles fonctionnels classés sous le nom de mal de montagne ; dans les ascensions en ballon, l'excitation morale qui ne peut manquer de se faire sentir dans ces voyages aventureux, et les changements considérables de température.

Des circonstances très-favorables m'ont permis d'éloigner ces causes perturbatrices et d'écarter l'objection que je viens de soulever. Ayant habité pendant le cours de mes études des villes situées à des altitudes notablement différentes les unes des autres, Ste-Croix, sur le Jura vaudois, 1100^{m} ; Lausanne 614^{m} ; Erlangen 323^{m} et Strasbourg 142^{m}, j'ai pu observer mon pouls dans des conditions aussi semblables et comparables entr'elles que possible. Opérant sur moi-même, le sujet en expérimentation ne changeait point, et j'avais en outre l'avantage de pouvoir éliminer toutes les observations anormales, dues à des causes internes ou externes.

Quelques mots d'abord sur les conditions dans lesquelles ces observations ont été recueillies et dans lesquelles je me suis toujours rigoureusement placé.

Chaque chiffre a été obtenu en comptant à une heure déterminée le nombre des pulsations par minute, en me réglant sur une bonne montre à secondes. Toute cause perturbatrice devant être éloignée aussi soigneusement que possible, en conséquence :

a) Chaque série d'observations n'a été commencée qu'après un mois et demi de séjour ;

b) Toute observation n'ayant pas été faite au moins après une heure et demie de repos, a été éliminée. La plus grande partie des observations faites aussi bien la nuit que le jour, ont eu lieu pendant que je travaillais à lire ou à écrire. Ce que j'entends par repos n'est sans doute qu'un repos relatif, mais suffisant, puisque l'essentiel est d'expérimenter dans des conditions comparables entr'elles ;

c) La position du corps ayant sur la vitesse des pulsations une influence marquée, dépendant de la quantité de force musculaire développée par le maintien de l'équilibre dans chaque attitude, j'ai eu soin d'être chaque fois assis, appuyé contre le dossier de ma chaise;

d) Les observations dépassant le chiffre 90-95 ont été éliminées; je les considère comme résultant d'un état légèrement anormal;

e) Les repas ont eu lieu sensiblement aux mêmes heures, c'est-à-dire à 7 $^1/_2$ heures du matin, entre midi et une heure, et entre 6 et 7 heures du soir. La nourriture a été autant que possible la même, tout au moins quant à la quantité. Il va sans dire qu'il n'était pas possible de tenir compte de l'influence due à la nature de l'alimentation. Il ne m'aurait guère été facile en effet, pendant les trois années qu'ont duré ces recherches, de prendre à chaque repas un poids parfaitement déterminé d'aliments constamment les mêmes; c'est ce que personne ne sera tenté d'essayer, même pendant un temps beaucoup plus court. Je me suis donc borné à me laisser diriger par un appétit modéré et régulier. D'ailleurs si cela ne suffit pas, il me reste les observations faites à jeun, avant 7 heures du matin, et que nous pourrons comparer entr'elles dans les 4 séries;

f) Malgré toutes ces précautions, il est rare que plusieurs observations, faites au même moment, donnent des résultats identiques; une seconde observation succédant immédiatement à une première, donnera ordinairement un chiffre plus fort ou plus faible; aussi ai-je réuni généralement plusieurs chiffres à chaque heure d'observation, c'est-à-dire que j'ai observé mon pouls pendant plusieurs minutes, et que j'en ai pris la moyenne pour une minute. Ainsi chaque chiffre est lui-même la moyenne de plusieurs autres.

g) Le degré de température de l'air a été soigneusement noté chaque fois. Nous en examinerons bientôt l'importance.

En réunissant toutes ces conditions, j'ai rassemblé, réparties entre les différentes heures de la journée, 2625 observations que j'ai rendues comparables entr'elles en réunissant toutes celles qui ont été faites à la même heure, et en tirant la moyenne de cette heure pour chaque localité. Le Tableau I

TABLEAU I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Ste-Croix, 1100^{m}.			**Lausanne, 614^{m}.**			**Erlangen, 343^{m}.**			**Strasbourg, 142^{m}.**		
HEURE	Nombre d'observat.	Moyenne du pouls.	Températ. de l'air.	Nombre d'observat.	Moyenne du pouls.	Températ. de l'air.	Nombre d'observat.	Moyenne du pouls.	Températ. de l'air.	Nombre d'observat.	Moyenne du pouls.	Températ. de l'air.
6 h. m.	20	65,15	15°,76	7	61,47	19°,50	42	60,87	19°,42	12	59,23	21°,35
7 »	70	65,48	15°,84	27	67,32	16°,20	59	68,40	16°,32	17	59.90	21°,80
8 »	51	72,64	16°,07	38	70,73	17°,31	64	69,30	13°,38	8	70,87	22°,27
9 »	73	69,32	16°,05	32	67,82	17°,72	64	67,55	15°,80	10	70,45	22°,55
10 »	72	64,88	15°,75	18	68.17	19°,40	50	65,10	19°,51	8	62,48	22°,75
11 »	65	66,38	16°,32	17	67,47	19°,43	45	62,48	18°,95	13	61,46	22°,53
Midi	46	64,64	15°,98	29	62,92	18°,35	38	60,18	17°,80	19	57,73	21°,90
1 h. s.	41	74,77	16°,30	15	70,88	19°,58	31	66,03	19°,11	4	71,95	23°,70
2 »	33	75,01	15°,96	18	74.77	18°,11	33	74,81	17°,53	5	73,60	23°,57
3 »	33	75,70	16°,68	13	75,36	20°,98	49	73,82	19°,61	8	71,00	23°,68
4 »	44	70,74	16°,49	21	72,04	20°,44	45	67,31	19°,95	19	67,83	23°.71
5 »	61	67,60	16°,44	26	67,83	20°,28	58	61,58	19°,46	25	64,23	23°,54
6 »	54	63,33	15°,84	32	64,07	20°,51	60	60,26	19°,11	32	61,08	22°,90
7 »	54	73,02	15°,72	32	68,57	20°,04	58	61,61	19°,29	15	68,77	22°,92
8 »	53	71,59	16°,02	20	69,15	18°,53	38	69,01	16°'69	17	69,03	22°,50
9 »	33	68,40	16°,34	34	71,37	18°,53	33	69,98	16°,30	13	65,80	22°,71
10 »	38	66,44	16°,67	35	67,03	19°,16	41	64,92	15°,91	25	62,24	22°,05
11 »	36	65,19	15°,39	33	64,10	19°,32	22	59,78	15°,87	27	58,38	21°,75
Minuit	19	62,07	15°,78	28	61,71	18°,99	8	57,05	17°,43	10	56,55	22°,02
1 h. m.	10	62,37	—	17	62,32	19°,14	8	56,50	20°,75	—	—	—
2 »	3	59,13	—	7	58,85	19°,43	8	57,12	20°,87	—	—	—
3 »	2	60,77	—	7	60,14	19°,50	7	55,17	19°,85	—	—	—
4 »	3	65,95	—	7	59,85	18°,72	11	59,25	18°,63	—	—	—
5 »	5	65,99	—	7	62,42	18°,20	26	61,96	19°,84	—	—	—
	919 Observat.	67,48 [1] Moyenne générale.	16°,07 pour 19 h.	518 Observat.	66,52 Moyenne générale.	19°,05 pour 21 h.	900 Observat.	63,76 Moyenne générale.	18°,26 pour 21 h.	287 Observat.	64,82 Moy. génér. pour 19. h.	22°,64 pour 19 h.

[1] Dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, XIII, 73, j'avais publié un court mémoire : « Etude de l'influence de l'altitude sur la fréquence des battements de cœur » qui se trouve reproduit en partie dans le présent travail ; on ne s'étonnera pas de trouver quelques chiffres modifiés ; la moyenne des pulsations pour Ste-Croix qui résultait de 333 observations, se trouve diminuée ici par l'addition de 586 nouveaux chiffres, ce qui ne fait qu'affaiblir, mais ne change nullement le sens des résultats antérieurs.

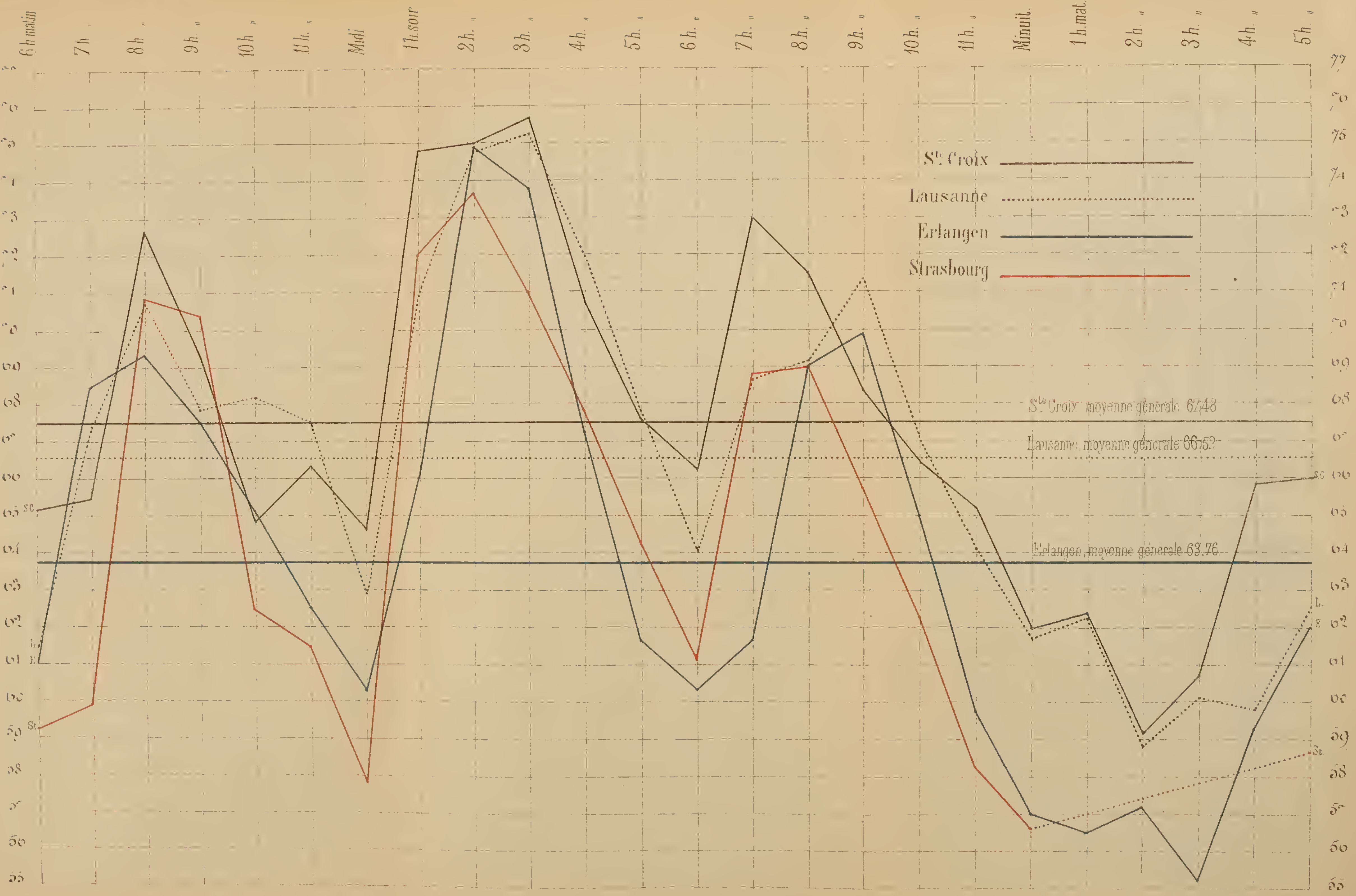
1	2	3	11	12	13
	Ste-Croix, 110		Strasbourg, 142^{m}.		
HEURE	Nombre d'observat.	Moyenne du pouls.	ombre bservat.	Moyenne du pouls.	Température. de l'air.
6 h. m.	20	65,15	12	59,23	21°,35
7 »	70	65,48	17	59,90	21°,80
8 »	51	72,64	8	70,87	22°,27
9 »	73	69,32	10	70,45	22°,55
10 »	72	64,88	8	62,48	22°,75
11 »	65	66,38	13	61,46	22°,53
Midi	46	64,64	19	57,73	21°,90
1 h. s.	41	74,77	4	71,95	23°,70
2 »	33	75,01	5	73,60	23°,57
3 »	33	75,70	8	71,00	23°,68
4 »	44	70,74	19	67,83	23°,71
5 »	61	67,60	25	64,23	23°,54
6 »	54	63,33	32	61,08	22°,90
7 »	54	73,02	15	68,77	22°,92
8 »	53	71,59	17	69,03	22°,50
9 »	33	68,40	13	65,80	22°,71
10 »	38	66,44	25	62,24	22°,05
11 »	36	65,19	27	58,38	21°,75
Minuit	19	62,07	10	56,55	22°,02
1 h. m.	10	62,37	—	—	—
2 »	3	59,13	—	—	—
3 »	2	60,77	—	—	—
4 »	3	65,95	—	—	—
5 »	5	65,99	—	—	—
	919 Observat.	67,48 [1] Moyenne générale.	287 bservat.	64,82 Moy. génér. pour 19. h.	22°,64 pour 19 h.

---

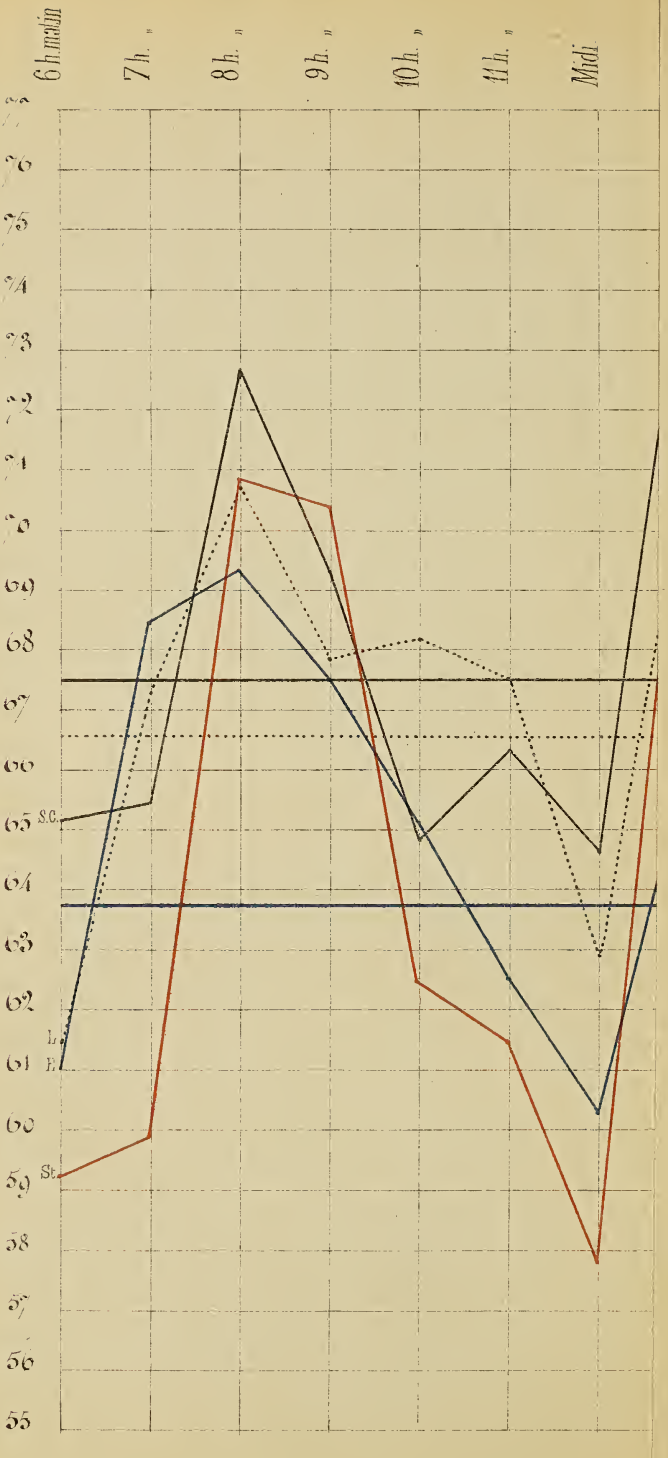
[1] Dans le Bulletin de la Société vau de l'altitude sur la fréquence des battements de cœur » qui se trouve re odifiés; la moyenne des pulsations pour Ste-Croix qui résultait de 333 obse blir, mais ne change nullement le sens des résultats antérieurs.

A. MERMOD.

Bull. Soc. vaud. Sc. nat.—Vol. XV.—Pl. IV.



Lith. Jules Chappuis Lausanne


6 h matin
7 h. "
8 h. "
9 h. "
10 h. "
11 h. "
Midi
77
76
75
74
73
72
71
70
69
68
67
66
65
64
63
62
61
60
59
58
57
56
55
S.C.
L.
E.
St.

indique pour chaque heure le nombre d'observations avec les chiffres de la température de l'air.

Les résultats sont plus faciles à saisir, étant représentés sous forme de courbes (graphique I). Les chiffres des pulsations sont portés sur l'axe des ordonnées, et les heures correspondantes sur celui des abscisses. Ce qui témoigne le plus en faveur de la justesse de ces courbes, c'est leur parallélisme; toutes ensemble, elles s'accordent d'abord à confirmer le fait connu, que la vitesse des pulsations décrit d'importantes oscillations pendant les 24 heures : le pouls paraît atteindre le minimum d'activité vers 3 heures du matin; dans les heures qui suivent (toujours à l'état de veille), il s'accélère jusqu'au moment du déjeûner, lequel est suivi d'une nouvelle accélération jusque vers 8 heures. Il se fait un ralentissement graduel jusqu'à midi; puis survient après le repas une accélération plus prononcée que celle du matin, et qui atteint son maximum vers 3 heures de l'après-midi. Puis survient un nouvel abaissement un peu plus rapide que celui qui précède l'heure du dîner, et qui, interrompu par le dernier repas, se continue lentement dans la soirée et atteint le point le plus bas vers 3 heures du matin.

La comparaison des observations du soir avec celles du matin, amène un résultat assez intéressant pour que je le signale, quoiqu'il n'ait aucun rapport avec le sujet qui doit nous occuper plus particulièrement : la plus grande fréquence du pouls vers le soir est très généralement considérée comme réelle; s'il en est ainsi chez les malades — et tous les médecins sont d'accord là-dessus, — les chiffres du Tableau II prouvent précisément le contraire.

TABLEAU II

7 h. soir,	73,02	Moyenne générale des observations du soir = 65,48.	7 h. matin,	65,48	Moyenne générale des observations du matin = 65,98.
8 »	71,59		8 »	72,64	
9 »	68,40		9 »	69,32	
10 »	66,44		10 »	64,88	
11 »	65,19		11 »	66,38	
Minuit,	62,07		Midi,	64,64	
7 h. soir,	68,57		7 h. matin,	67,32	
8 »	69,15		8 »	70,73	
9 »	71,37		9 »	67,82	
10 »	67,03		10 »	68,17	
11 »	64,10		11 »	67,47	
Minuit,	61,71		Midi,	62,92	
7 h. soir,	61,61		7 h. matin,	68,40	
8 »	69,01		8 »	69,30	
9 »	69,98		9 »	67,55	
10 »	64,92		10 »	65,10	
11 »	59,78		11 »	62,48	
Minuit,	57,05		Midi,	60,18	
7 h. soir,	68,77		7 h. matin,	59,90	
8 »	69,03		8 »	70,86	
9 »	65,80		9 »	70,45	
10 »	62,24		10 »	62,48	
11 »	58,38		11 »	61,46	
Minuit,	56,55		Midi,	57,73	

Différence en faveur du matin = 0,5.

Comparons, pour les 4 séries, les observations comprises entre 6 heures du matin et midi d'une part, avec celles comprises entre 6 heures du soir et minuit d'autre part. De cette comparaison ressort non-seulement une égalité, mais bien un excès de 0,5 des observations du matin sur celles du soir. Ce fait remarquable de la diminution du nombre des pulsations vers la fin du jour, avait déjà été signalé par Knox[1] qui en recherche la cause dans la fatigue de la journée, c'est-à-dire qu'un même excitant agirait plus faiblement le soir que le matin sur l'activité cardiaque. Dans les veilles tardives, j'ai constamment observé, depuis minuit, un ralentissement excessif du pouls, que j'ai souvent vu descendre jusqu'à 40. Ceci semble n'être qu'un symptôme de fatigue générale, que fait disparaître le repos; même après une heure de sommeil, l'organisme a eu le temps de puiser de nouvelles forces, et l'activité cardiaque a déjà recouvré toute l'excitabilité qu'elle montrera le matin. Supposons qu'après une veille prolongée jusqu'à 2 heures du matin, le pouls soit descendu à 45 : je m'endors et me réveille après une heure, au bruit d'une sonnerie préparée d'avance; je consulte aussitôt mon pouls qui donne 70, 80 même. D'où peut provenir cette différence si grande, presque du double ? ce ne peut être l'effet de quelque effort musculaire, puisque je suis resté tranquillement sur mon fauteuil pendant tout ce temps; ce ne peut être uniquement l'excitation psychique, puisque ce n'est guère qu'au bout de 50 minutes environ que l'activité cardiaque est de nouveau ralentie par la persistance de la fatigue précédente. Quoique cela puisse paraître un peu paradoxal, j'ose conclure, du moins d'après ce que j'observe sur moi-même, qu'*un état de fatigue suffisamment prolongé diminue considérablement le nombre des battements cardiaques, et que le repos les augmente ensuite.*

L'influence que la température de l'air exerce sur la rapidité du pouls est assez considérable pour qu'il soit indispensable d'en tenir compte dans l'appréciation des moyennes que nous fournit le tableau I. C'est pourquoi j'ai eu soin, lors de chaque observation, de noter en même temps le degré de température extérieure, dont les moyennes, pour chaque heure, figurent dans les colonnes 4, 7, 10 et 13 du tableau I. Contrairement à ce que l'on pourrait admettre à priori, j'ai constamment trouvé une diminution du nombre des battements du cœur, avec un abaissement de température. En voici un exemple très-démonstratif. Je choisis dans la série d'Erlangen les heures contenant un nombre de chiffres suffisamment grand. Pour chacune d'elles, je divise ces chiffres en 2 groupes comprenant, l'un les observations recueillies jusqu'à 18°, l'autre les observations recueillies depuis 18°, et je tire la moyenne de chacun de ces groupes. La colonne 6 du tableau III nous donne pour chaque heure une différence constamment en faveur du second groupe, et dont la moyenne est 3,13. Les trois autres séries d'observations donnant des résultats identiques, il est évident que *l'accélération des battements du cœur augmente avec l'élévation de température.*

---

[1] Cité dans Milne Edwards. Leçons sur la physiologie, IV, 81. Paris, 1859.

TABLEAU III

1 HEURES	2 Nombre des observations en dessous de 18°	3 MOYENNE	4 Nombre des observations en dessus de 18°	5 MOYENNE	6 Différence en faveur des secondes
7 h. mat.	30	68,45	21	69,02	0,57
8 »	20	65,39	26	70,32	4,93
9 »	15	64,20	22	66,25	2,05
10 »	10	60,10	21	65,07	4,97
3 h. soir	9	70,50	25	74,74	4,23
4 »	12	66,63	30	68,02	1,39
5 »	17	58,35	30	62,10	3,75
	113	64,80	175	67,93	3,13

Enfin, une dernière comparaison des chiffres du tableau I nous donne la réponse à la question que nous voulions étudier — 2625 observations nous donnent pour 4 localités des moyennes qui augmentent constamment avec l'altitude. La moyenne de Ste-Croix (1100^{m}) est de 0,96 supérieure à celle de Lausanne; celle de Lausanne (600^{m}) est de 2,76 supérieure à celle d'Erlangen. Quant à la moyenne de Strasbourg, on ne peut la faire figurer à côté des autres puisque les observations de 1 — 5 heures du matin manquent dans cette quatrième série. En retranchant également pour les 3 autres les observations des heures correspondantes, nous obtenons :

TABLEAU IV

	1	2	3	4	5
	Altitude	Différence	Pouls moyen	Différence	Températ. moy.
Ste-Croix	1100^{m}	468^{m}	68,71	0,62	16,07
Lausanne	614^{m}		68,09		19,05
Erlangen	343^{m}	2ɯ71	65,26	2,83	18,26
Strasbourg	142^{m}	201^{m}	64,90	0,36	22,64

Un simple coup d'œil jeté sur ces chiffres nous fait voir combien les différences entre les moyennes du pouls sont peu proportionnelles avec les différences entre les niveaux. Ceci ne surprend nullement, si nous faisons attention aux moyennes de la température reportées dans la 5^{e} colonne ; il est bien probable que nous aurions un accroissement plus régulier dans les moyennes du pouls, si la température était la même dans chaque localité. Du reste, cette inégalité, loin d'infirmer le résultat final, ne fait que l'accentuer, puisque Ste-Croix donne le pouls moyen le plus élevé, quoique la température y soit de beaucoup la plus basse ; le pouls moyen d'Erlangen surpasse encore celui de Strasbourg, bien que la température moyenne dans cette dernière station soit de 4°,38 supérieure à celle d'Erlangen.

Les conditions d'observation ayant été sensiblement les mêmes, cette différence dans la vitesse du pouls ne peut être due en grande partie qu'à la différence d'altitude et le résultat de ces expériences me semble assez précis pour pouvoir formuler ma conclusion en ces termes : *le séjour régulier et prolongé à des niveaux de plus en plus élevés, est accompagné d'une accélération du pouls.*

CHAPITRE II

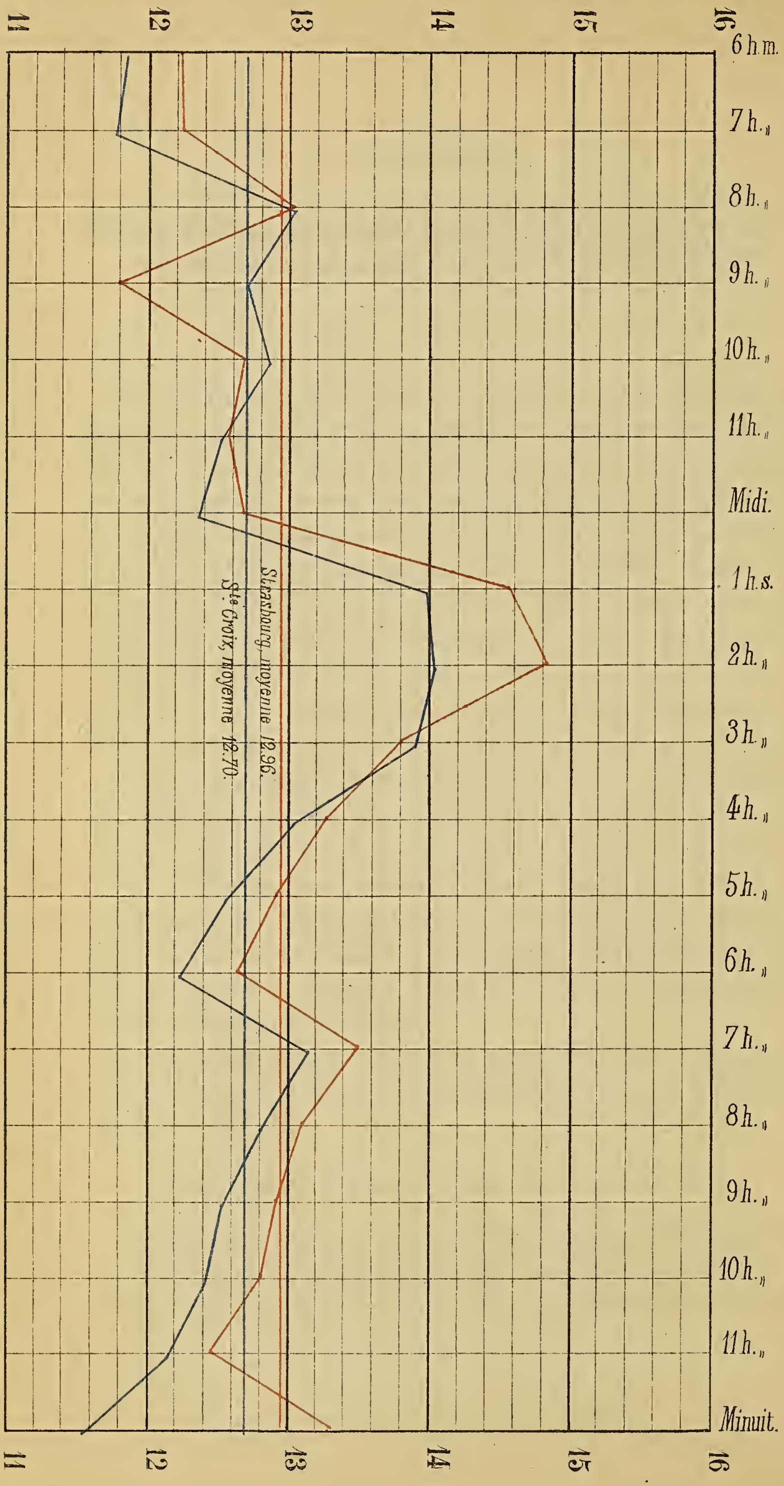
Influence de la dépression atmosphérique constante sur la respiration pulmonaire et la calorification animale.

Après avoir étudié l'influence qu'exerce sur l'activité cardiaque le séjour dans une atmosphère raréfiée, je résolus de profiter de circonstances identiques pour établir par un nombre suffisant d'observations et d'expériences les moyennes de la *température du corps,* de la *fréquence des mouvements respiratoires,* de leur *amplitude,* et enfin de la *quantité d'acide carbonique exhalé* à différentes altitudes. Ces recherches comparatives ont pu s'effectuer heureusement, dans deux localités, Ste-Croix et Strasbourg, séparées l'une de l'autre par une altitude de 1000^m environ. Les résultats obtenus feront le sujet de ce second chapitre. On comprendra que j'aie dû rencontrer de nombreuses difficultés dans ce genre d'observations où l'influence personnelle peut devenir une si grande cause d'erreur, même chez l'observateur le plus consciencieux. Aussi ai-je tenu tout particulièrement à entreprendre ces recherches sans opinion préconçue, et en m'écartant momentanément de toute question théorique. Recueillir des faits exacts, telle est la chose essentielle ; leur interprétation est d'une importance secondaire.

Pour faciliter l'exposition et gagner en clarté, nous examinerons chaque série d'observations dans un paragraphe particulier.

§ 1. Fréquence des mouvements respiratoires.

Chacun sait combien il est difficile de respirer normalement et régulièrement, lorsque l'attention se porte sur cet acte, et toujours on accusera chez une autre personne une différence



Lith. Jules Chappuis, Lausanne.

notable dans le nombre des mouvements respiratoires, suivant que cette personne connaît ou ignore l'examen dont elle est l'objet. Cette circonstance créa un obstacle si grand au début de mes recherches, que je crus qu'il était impossible de recueillir sur moi-même des observations suffisamment exactes. Dans la suite, je me suis convaincu que l'habitude et l'exercice souvent répété font disparaître presque complétement cet obstacle. La fréquence respiratoire reste sensiblement normale, si l'observation peut se faire avec toute la tranquillité d'esprit nécessaire et que l'on y apporte en quelque sorte de l'indifférence plutôt que du zèle; en un mot, il faut autant que possible porter son attention ailleurs. J'y suis si bien parvenu que souvent, au milieu d'une observation qui durait chaque fois 5 minutes, je me suis surpris à oublier le nombre d'inspirations et me suis vu obligé de recommencer une seconde fois. Pour plus d'exactitude, j'ai recueilli pour chaque heure deux séries d'observations de 5 minutes chacune, et en notant chaque fois l'écart entre les deux. Celui-ci s'est montré constant, quoique très-faible, et tantôt en faveur de la première, tantôt en faveur de la seconde série. Cet écart moyen, pour 5 minutes, est de 0,6 pour Strasbourg, et de 0,5 pour Sainte-Croix.

En réunissant ces conditions à celles que j'ai énumérées dans l'étude du pouls, j'ai rassemblé, réparties entre les heures de la journée, 303 observations à Ste-Croix et 287 à Strasbourg. Je les rends également comparables entr'elles en réunissant toutes celles qui ont été faites à la même heure, et en tirant la moyenne de cette heure pour chaque localité. Le tableau IV donne pour chaque heure le nombre d'observations avec la moyenne de la température de l'air.

Un premier coup d'œil jeté sur ce tableau, ou mieux sur le graphique II (heures portées sur l'axe des abscisses, fréquence respiratoire sur celui des ordonnées) nous montre pour chaque courbe des oscillations assez faibles en dessus et en dessous de la moyenne; la différence entre l'écart maximum et le minimum est à peine de 3 mouvements respiratoires. Ces variations n'en décrivent pas moins deux courbes sensiblement parallèles entr'elles et ressemblant beaucoup à celles que nous avons tracées pour le pouls; les écarts ont lieu aux mêmes heures, et parfaitement dans le même sens : ralentissement dans l'état de jeûne, accélération après les repas.

Enfin, ce qui nous intéresse principalement, c'est de trouver une si légère différence entre la fréquence respiratoire moyenne de Ste-Croix et celle de Strasbourg; et même, au lieu de trouver une accélération semblable à celle du pouls, nous voyons au contraire que la moyenne du niveau le plus élevé est de 0,26 plus petite que celle du niveau inférieur. Il est extrêmement probable que cette irrégularité provient de la différence de la température extérieure (colonnes 4 et 7), celle de Ste-Croix étant de 5°,8 inférieure à celle de Strasbourg — et que la fréquence respiratoire moyenne serait la même aux deux altitudes, sans cette inégalité de température. Je puis heureusement fournir la preuve qu'il en est ainsi par d'autres observations semblables faites plus tard en même temps que les expériences gazométriques que je décrirai dans la suite.

TABLEAU V

	Strasbourg, 142^{m}			S^{te}-Croix, 1100^{m}		
1	2	3	4	5	6	7
HEURES	Nombre d'observations	Fréquence respiratoire moyenne en 1 minute	Température moyenne de l'air	Nombre d'observations	Fréquence respiratoire moyenne en 1 minute	Température moyenne de l'air
6 h. mat.	12	12,11	21°,3	12	11,83	15°,7
7 »	17	12,12	21°,8	35	11,77	16°,1
8 »	8	13,02	22°,3	12	13,01	17°,1
9 »	10	11,81	22°,5	16	12,70	17°,5
10 »	8	12,69	22°,7	19	12,86	16°,8
11 »	13	12,59	22°,5	20	12,53	17°,5
Midi	19	12,71	21°,9	11	12,36	17°,2
1 h. soir	4	14,56	23°,7	10	13,98	17°,3
2 »	5	14,83	23°,6	12	14,05	16°,4
3 »	8	13,81	23°,7	12	13,88	17°,7
4 »	19	13,26	23°,7	15	13,08	17°,5
5 »	25	12,94	23°,5	19	12,55	17°,2
6 »	32	12,65	22°,9	23	12,22	16°,5
7 »	15	13,51	22°,9	21	13,15	16°,4
8 »	17	13,13	22°,5	20	12,79	16°,6
9 »	13	12,96	22°,7	13	12,52	16°,1
10 »	25	12,79	22°,0	15	12,42	17°,8
11 »	27	12,45	21°,8	12	12,14	16°,0
Minuit	10	12,37	22°,0	6	11,53	16°,8
	287	12,96 moyenne générale.	22°,—	303	12,70 moyenne générale.	16°,8

Strasbourg.

7 h. matin, température extérieure = 13°,48 : — 35 observations donnent, pour 1 minute, une fréquence respiratoire moyenne de 11,20.

Sainte-Croix.

7 h. matin, température extérieure = 12°,82; 33 observations donnent pour une minute une fréquence respiratoire moyenne de 11,15.

Ces résultats me paraissent suffisamment précis pour pouvoir conclure que *le séjour régulier et prolongé à 1100^{m} au-dessus du niveau de la mer, n'est accompagné d'aucune accélération des mouvements respiratoires.* S'il existait une accélération, elle serait en tout cas bien minime et ne constituerait qu'un moyen de compensation bien peu efficace dans l'acclimatement aux altitudes.

Cette dernière conclusion, comparée à celle que nous a fournie l'étude du pouls, nous prouve nécessairement que *la fraction moyenne* ($^1/_4$) *représentant les rapports entre la fréquence des mouvements respiratoires et les battements du cœur, devient toujours plus petite à mesure qu'on habite des stations plus élevées au-dessus du niveau de la mer.*

§ 2. **Température du corps.**

On ne possède pas de données suffisantes sur la température de l'homme en séjour sur les montagnes. Les chiffres fournis par différents auteurs ne sont que des observations isolées, prises, il est vrai, à l'état de repos, mais toujours dans le cours d'un voyage ou tout au plus pendant un court séjour sur la montagne. M. Lortet, dans ses ascensions au Mont-Blanc, a constaté une température linguale bien rapprochée de la normale. M. Marcet, se basant sur des observations de température linguale faites au repos pendant des ascensions de hautes montagnes, a formulé la conclusion suivante : « La température du corps humain à l'état de repos ne paraît pas être habituellement moins élevée à de grandes hauteurs qu'elle ne l'est au bord de la mer. »

M. Forel [1], en discutant des observations plus méthodiques de température rectale prises le matin, au réveil, à l'état de repos musculaire et digestif, a conclu de même que le transport de l'habitat à une altitude plus élevée n'a pas d'action sensible sur la température de l'homme au repos. M. Forel demande de nouvelles expériences pour juger définitivement la question.

Je crois avoir comblé en une certaine mesure cette lacune, en comparant entre Ste-Croix et Strasbourg ma température propre. Les observations ont été faites en même temps que celles de la fréquence des mouvements respiratoires, par conséquent dans des conditions identiques et en nombre égal. Je me suis constamment servi d'un thermomètre de Geissler, divisé en dixièmes de degrés et avec index maximum en mercure. Les divisions étant suffisamment éloignées les unes des autres, il m'était facile avec une loupe de lire approximativement les centièmes de degrés.

Comme la température de la peau, même dans les régions les mieux cachées et protégées par les vêtements, est très-sujette à varier avec la température de l'air extérieur, j'ai cru devoir utiliser la seule région qui donnât une température qui est à peu près celle des organes internes et qui n'est pas influencée comme celle de la peau. Aussi chacune des observations est double : l'une a été prise dans la cavité axillaire, où le thermomètre était enfermé pendant 8 minutes, et l'autre dans le rectum, pendant 5 minutes et à la profondeur de 7 centimètres environ.

---

[1] F.-A. Forel. Expériences sur la température du corps humain dans l'acte de l'ascension sur les montagnes. 1871-1874.

TABLEAU VI

	Strasbourg, 142^{m}			**S^{te}-Croix, 1100^{m}**		
1	2	3	4	5	6	7
HEURES	Nombre d'observations	Température axillaire	Température rectale	Nombre d'observations	Température axillaire	Température rectale
6 h. mat.	12	36°,30	36°,81	12	36°,20	37°,09
7 »	17	36°,38	39°,89	35	36°,28	37°,09
8 »	8	36°,62	37°,23	12	36°,03	37°,14
9 »	10	36°,62	37°,19	16	36°,32	37°,13
10 »	8	36°,75	37°,13	19	36°,42	37°,20
11 »	13	36°,46	37°,14	20	36°,18	37°,22
Midi	19	36°,59	37°,03	11	36°,15	37°,12
1 h. soir	4	36°,65	37°,36	10	36°,19	37°,12
2 »	5	36°,89	37°,37	12	36°,46	37°,40
3 »	8	36°,70	37°,29	12	36°,48	37°,26
4 »	19	36°,72	37°,26	15	36°,57	37°,28
5 »	25	36°,66	37°,19	19	36°,44	37°,30
6 »	32	36°,73	37°,18	23	36°,48	37°,25
7 »	15	36°,64	37°,30	21	36°,31	37°,16
8 »	17	36°,72	37°,28	20	36°,29	36°,98
9 »	13	36°,71	37°,22	13	36°,14	36°,83
10 »	25	36°,61	37°,—	15	35°,98	36°,58
11 »	27	36°,31	36°,78	12	35°,87	36°,43
Minuit	10	36°,20	36°,55	6	35°,70	36°,26
	287 observat.	36°,59 moyenne générale.	37°,11 moyenne générale.	303 observat.	36°,24 moyenne générale.	37°,04 moyenne générale.

Les moyennes données dans le tableau VI (colonnes 3, 4, 6 et 7) ne font que confirmer l'opinion que l'on avait généralement sur la température humaine aux altitudes. La température rectale est la même dans les deux localités, à part une différence de 0,07 qui me paraît négligeable. Quant à la différence un peu plus considérable de 0,25 entre les moyennes de la température axillaire, elle tient sans aucun doute aux différences de température de l'air (tableau V, colonnes 4 et 7). Nous avons vu que celle-ci est de 22°,6 à Strasbourg et de 16°,8 à Ste-Croix. Cette différence de 5°,8 en faveur du niveau le plus bas, nous autorise d'autant plus à conclure que *la température humaine ne paraît pas sensiblement influencée par le transport de l'habitat de 142 à 1100*^{m}.

Recherchons maintenant dans la respiration elle-même les causes qui rendent possible cette remarquable constance de la température.

§ 3. Exhalation d'acide carbonique par les poumons.

De tous les phénomènes relatifs à la physiologie des altitudes, le plus important à connaître est l'échange direct qui s'effectue entre l'organisme et l'atmosphère; mais on sait combien un tel problème est délicat et compliqué, comme du reste tous ceux qui touchent à la nature intime de la respiration. Il le serait moins s'il suffisait de connaître seulement la quantité d'acide carbonique exhalée par les poumons; mais on sait que son volume ne correspond pas à celui de l'oxygène inspiré, et même que le rapport entre ces deux volumes n'est pas constant. Il faudrait donc tenir compte des deux pour avoir des résultats exacts; mais comme cette double complication m'aurait présenté des obstacles matériels que je n'aurais pu surmonter, j'ai cru devoir me contenter de la détermination d'une seule de ces quantités, d'autant plus que tous les phénomènes de combustion respiratoire marchent généralement dans le même sens, et que pour la solution de la question dont il s'agit, ce sont des tendances plutôt que des mesures exactes qu'il importe de connaître.

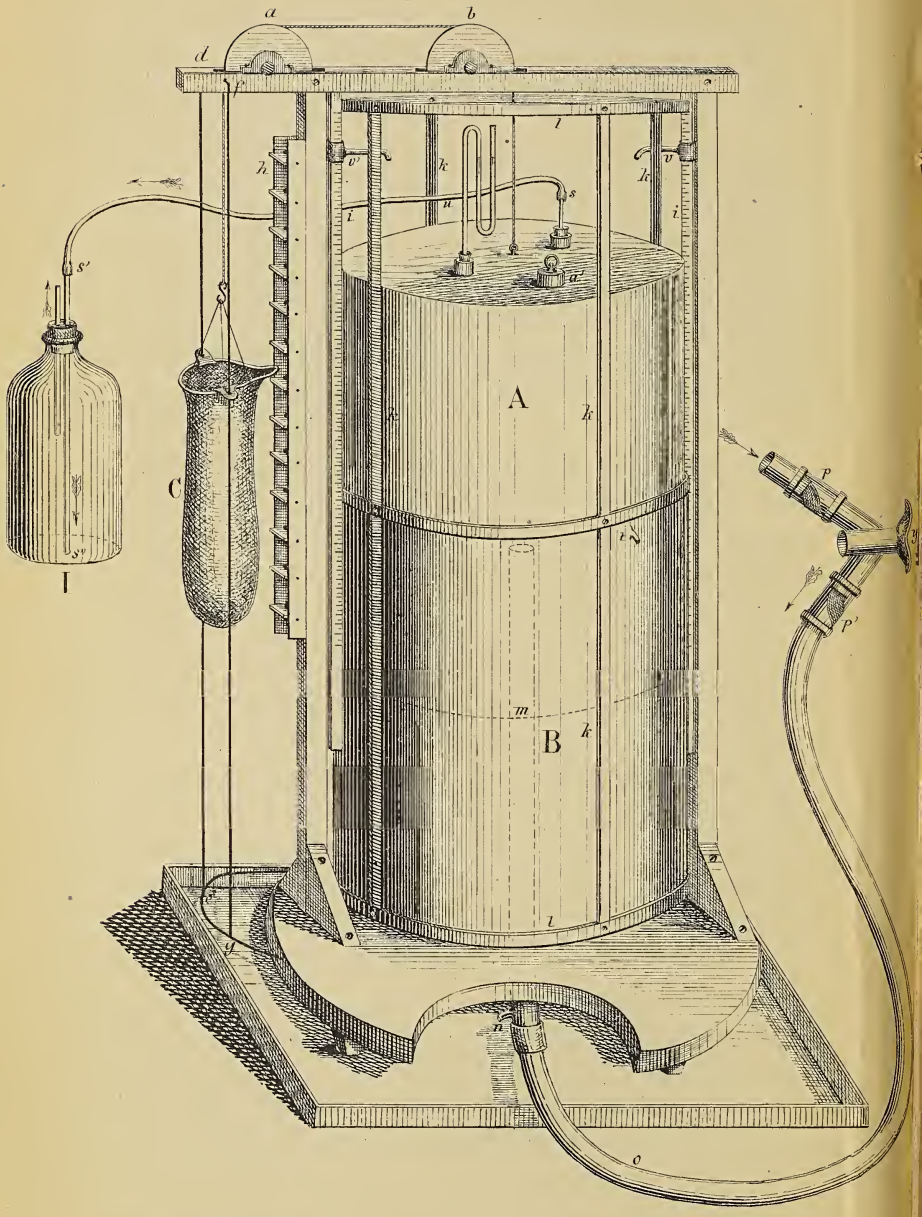
Pendant un séjour de trois mois que je fis sur la montagne l'année dernière, j'entrepris sur moi-même une nouvelle série de recherches, consistant à mesurer, pour un temps déterminé, la fréquence, l'amplitude respiratoires et le rendement d'acide carbonique par les poumons. Des expériences identiques ont été répétées à Strasbourg peu de temps après et les résultats intéressants auxquels je suis arrivé, feront le sujet de ce paragraphe.

On sait que chez le même individu, la quantité de CO^2 exhalé par les poumons varie considérablement suivant des facteurs nombreux. Il s'agissait donc avant tout d'éloigner ceux-ci autant que possible, ou plutôt de leur donner la même valeur dans chaque série d'observations, afin d'obtenir le degré d'influence qui appartient uniquement à la pression de l'air. Aussi je commencerai par indiquer les principales conditions qui ont présidé à ces recherches :

a) Toutes les expériences ont été faites à jeun entre 7 et 8 heures du matin, environ une demi-heure après le lever. J'ai choisi intentionnellement ce moment de la journée afin de réduire à son minimum l'influence due à la *nature de l'alimentation ;* j'ai déjà eu l'occasion d'en parler à propos de recherches antérieures. Ici encore on conviendra facilement qu'il n'est pas possible de régler son alimentation par une nourriture chaque jour la même en quantité et en qualité et cela pendant près de 5 mois. Je me suis donc borné à me laisser guider par un appétit qui a peu varié, grâce à une santé toujours excellente et à un genre de vie régulier. Ce n'est qu'au repas du soir que je me suis plus particulièrement rationné; du reste ce repas ayant eu lieu à 7 heures, l'observation du lendemain ne se faisait donc que 12 heures plus tard, alors que la digestion était terminée depuis longtemps.

b) La première série ayant été faite sur la montagne pendant l'automne, la seconde dans la plaine pendant un hiver remarquablement doux, il se trouve que la *température moyenne* de l'air est sensiblement la même pour les deux localités, ce qui est une circonstance très-heureuse.

A. MERMOD. Bull. Soc. vaud. Sc. nat. - Vol. XV. - Pl. VI.


a
b
d
f
h
v'
k
l
v
k
i
u
s
i
s'
a'
A
k
k
C
I
s''
p
y
p'
t
m
B
k
l
g
n
o

Lith: J. Chappuis, Lausanne.

c) Chaque série d'expériences n'a été commencée qu'après un séjour d'un mois et demi au moins dans chaque localité.

d) La méthode d'expérimentation employée a été constamment la même.

e) Enfin je ferai remarquer que pendant tout le temps qu'ont duré ces recherches, je n'ai pu être influencé par aucune opinion préconçue, puisque les résultats obtenus sont bien loin d'être ceux auxquels j'aurais pu m'attendre. On pourra en juger plus loin.

L'appareil que j'ai fait construire est semblable à celui qu'a employé C. Speck[1], sauf quelques modifications. La planche en fera facilement comprendre le mécanisme.

B est un cylindre de tôle rempli d'eau salée dont le niveau constant est déterminé par l'ajutage *t*. Le fond du réservoir laisse passer un tube *m* qui se continue inférieurement par le tuyau de caoutchouc *o* par lequel arrive l'air expiré. L'extrémité libre du tube *m* s'ouvre directement sous le couvercle de la cloche A lorsqu'elle est complétement abaissée. Cette cloche construite en cuivre et d'une contenance exacte de 48,000 CC, est maintenue en état d'équilibre indifférent par un sac C rempli de plomb. Ce sac, qui descend pendant l'ascension de la cloche, reçoit les unes après les autres des balles de plomb posées sur de petits plateaux de bois qu'il fait basculer en passant au devant d'eux. Par cette simple disposition, la cloche A ne peut augmenter de poids en sortant de l'eau salée dans laquelle elle plongeait complétement au début de l'expérience. Les deux fils conducteurs *defg* fortement tendus empêchent le sac d'osciller. Le réservoir B et la cloche A recouverts de vernis au minium, sont entourés d'une cage en barres de fer *kl*, empêchant la cloche de dévier à droite ou à gauche. Le niveau de celle-ci est indiqué par deux index *v v'* facilement mobiles le long des règles *ii*, graduées en décilitres. L'embouchure *y* faite en cuivre doublé de caoutchouc, s'adapte hermétiquement sur la bouche et communique avec un système de soupapes à boyau pp' fonctionnant avec la plus grande facilité. Le diamètre interne des tuyaux m o et des tubes à soupape n'est nulle part inférieur à 23 millimètres, ce qui est le diamètre moyen de la trachée. Grâce à cette disposition, ainsi qu'à une mobilité suffisante de la cloche, il est facile de respirer à travers ce gazomètre aussi longtemps qu'on le veut, sans en éprouver la plus légère fatigue.

---

[1] Schriften der Gesellschaft zur Befœrderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. X, 1871.

Il va sans dire que la respiration ne doit s'effectuer qu'à travers la bouche; on pourrait fermer l'ouverture postérieure des fosses nasales simplement en relevant le palais mobile, mais pour ne pas troubler le rhythme respiratoire, il m'a paru plus sûr et plus commode de fermer depuis l'extérieur la communication nasale au moyen d'une pince à ressort, à branches doublées de caoutchouc.

La cloche une fois remplie d'air expiré, dont je lis le volume sur les règles graduées, il s'agit maintenant de recueillir le gaz pour le soumettre à l'analyse. Je me suis servi dans ce but d'une bouteille I à volume exactement connu, et qui communique avec la cloche au moyen d'un tuyau de caoutchouc $S'S$ lequel se continue par un tube de verre $S'S''$ plongeant jusqu'au fond de la bouteille. Un poids a' étant déposé sur la cloche, celle-ci descend lentement, à mesure que le gaz expiré s'échappe par la bouteille : l'air d'abord contenu dans celle-ci est chassé et remplacé complétement par celui de la cloche; du moins on peut admettre qu'il en est ainsi, lorsque cette dernière a fini de descendre et que les 40 ou 48 litres de gaz qu'elle contenait ont traversé la bouteille. Celle-ci étant donc remplie d'air expiré, qui est à la même température et à la même pression que celui qui se trouvait dans la cloche[1], j'interromps brusquement la communication SS' et commence immédiatement le dosage de l'acide carbonique.

---

[1] La pression doit être nécessairement la même en A et en C, puisque les deux réservoirs sont en communication. Quant à la température, de nombreuses mensurations n'ont jamais montré entre la cloche et la bouteille qu'une légère fraction de degré, que j'ai constamment négligée dans les calculs.

Je me suis servi pour ce dosage de la méthode de Pettenkofer. Elle est simple, très-exacte, et consiste en ce que l'on fait agir une quantité connue de baryte en solution sur un volume déterminé de gaz, jusqu'à ce que l'CO^2 contenu dans ce gaz soit complétement fixé par la baryte. La force de la solution de baryte est déterminée d'avance au moyen d'une solution d'acide oxalique d'une concentration telle, qu'un centimètre cube de cette solution corresponde à un milligramme d'acide carbonique de la solution de baryte. On obtient cette concentration en dissolvant 2,8636 grammes d'acide oxalique cristallisé et chimiquement pur, dans un litre d'eau distillée.

Je remarquerai déjà maintenant que, pour obtenir le poids réel de l'acide carbonique expiré, il est nécessaire d'en soustraire la quantité parvenue dans les poumons avec l'air inspiré : en d'autres termes, il faut dans chacune des expériences connaître la proportion d'acide carbonique contenu dans l'air de la chambre et le soustraire du poids d'acide carbonique trouvé dans la cloche.

A l'exemple de Berg[1] auquel j'emprunte la marche de la méthode, je me suis servi de deux solutions de baryte, une *forte* pour le dosage de l'acide carbonique expiré, et une *faible* pour le dosage de l'acide carbonique inspiré. La solution forte est préparée en dissolvant à peu près 21 grammes de baryte caustique (ne contenant pas de soude ou de potasse) dans un litre d'eau distillée chaude.

De cette solution, 15 CC sont saturés par 45 CC de solution acide; c'est donc un rapport de 1 à 3, c'est-à-dire qu'un CC exprime 3 millig. de CO^2.

La solution faible contient environ 7 gr. de baryte pour 1 litre d'eau distillée. De cette solution, 1 CC exprime environ 1 millig. de CO^2.

Veut-on connaître la quantité d'CO^2 fixé par une solution de baryte, il faut neutraliser la baryte encore libre avec la solution d'acide oxalique. La différence entre le nombre de CC de cette solution qu'il faut maintenant et celui qui était nécessaire auparavant, exprime immédiatement la quantité d'acide carbonique fixée par la baryte. Il est facile de connaître le moment précis où la neutralisation a lieu, lorsqu'une goutte portée sur un morceau de papier de curcuma cesse tout à coup d'être entourée par le cercle brun caractéristique[2].

---

[1] Dr Eug. Berg Ueber den Einfluss der Zahl und Tiefe der Athembewegungen auf die Ausscheidung der Kohlensæure durch die Lungen.

Tout étant convenablement disposé pour une expérience, et ayant supprimé tout vêtement qui aurait pu entraver le libre jeu de la respiration, je me plaçais commodément sur une chaise vis-à-vis du gazomètre, et comptais d'abord pendant 7 m. le nombre des mouvements respiratoires exécutés à l'air libre, ce qui m'était facile de faire normalement après les 600 observations recueillies antérieurement. Immédiatement après j'appliquais l'embouchure du gazomètre, et respirais également pendant 7 m., en comptant le nombre des mouvements respiratoires. La comparaison des chiffres prouvera suffisamment que la respiration s'effectuait normalement dans l'appareil, puisqu'elle ne différait presque pas de la respiration à l'air libre. Le pouls était observé au commencement et à la fin de chaque expérience.

La bouteille I étant remplie d'air de la cloche, j'y introduisais par le tube SS″, au moyen d'une pipette, 100 CC de la solution forte, et fermais hermétiquement. Pour déterminer la quantité d'CO^2 de l'air de la chambre, je me servais de deux autres bouteilles II et III, chacune de la contenance de 3 litres environ; je les remplissais avec l'air de la chambre au moyen de deux poires en caoutchouc reliées entr'elles, comme celles dont on se sert en chirurgie pour pulvériser les liquides, et versais ensuite dans chaque bouteille par un tube de verre descendant jusqu'au fond, 40 CC de la solution faible de baryte; les deux bouteilles étaient ensuite fermées hermétiquement avec des bouchons de caoutchouc. Pour être sûr que tout l'acide carbonique des trois bouteilles était fixé par la baryte, je ne faisais jamais le dosage qu'après les avoir agitées de temps en temps, pendant 3 heures au moins. Au bout de ce temps, j'ouvrais les n^{os} II et III et versais directement dans la pipette 30 CC de la solution trouble, que je dosais immédiatement dans un verre à pied étroit et profond, juste assez volumineux pour pouvoir contenir les solutions alcaline et acide. Quant au liquide n° I, je ne le soumettais au dosage qu'après l'avoir filtré dans un entonnoir recouvert d'une plaque de verre. Pendant le cours de ces manipulations, il fallait prendre garde de ne pas respirer contre les solutions alcalines qui se seraient assez carbonatées pour causer une erreur considérable dans les résultats.

---

[2] Un fait qui me semble ignoré, c'est la grande différence de sensibilité que peuvent présenter les papiers de curcuma, suivant leur mode de préparation : un tel papier, par exemple, ne sera plus coloré en brun à un moment donné, tandis qu'un autre donnera encore une réaction alcaline manifeste. On comprend l'importance qu'il y a dans deux séries de recherches essentiellement comparatives, à se servir toujours du même papier de curcuma. Aussi ai-je laissé de côté plusieurs de ces papiers préparés à Strasbourg, voyant qu'ils possédaient chacun une sensibilité différente, et ai-je dû faire venir de Suisse du même papier dont je m'étais servi au commencement.

Il va sans dire que le volume de gaz expiré dans la cloche, ainsi que celui des 3 bouteilles, doivent être réduits à 0° et à 760^{mm}. La formule de réduction est

$$V = \frac{V \times B}{(1 + T \times 0{,}003665)\ 760}$$

V exprimant le volume non réduit, T la température de la chambre, B la pression barométrique et 0,003665 le coefficient de dilatation de l'air. La température était fournie par un instrument très-sensible, à degrés divisés en cinquièmes; la pression barométrique, par les stations météorologiques des deux localités.

Je termine cet exposé en donnant un exemple:

Strasbourg, 4 mars, 7 heures du matin.

Air expiré, volume non réduit = 42300 CC en 7 m.
Fréquence respiratoire à l'air libre = 78.
Fréquence respiratoire dans l'appareil = 77.
Pouls avant l'expérience = 58; après l'expérience = 58.

Température = 10°, 80 C.

1° Volume de l'air expiré, réduction d'après la formule

$$\frac{42300 \times 750{,}2}{(1 + 10{,}8 \times 0{,}003665)\ 760} = 40164{,}7 \text{ CC}$$

2° Volume de l'air dans la bouteille I, réduction :

$$\frac{2404 \times 750{,}2}{(1 + 10{,}8 \times 0{,}003665)\ 760} = 2282{,}6 \text{ CC}$$

3° Volume de l'air dans la bouteille II, réduction :

$$\frac{3814 \times 750{,}2}{(1 + 10{,}8 \times 0{,}003665)\ 760} = 3621{,}4 \text{ CC}$$

4° Volume de l'air expiré dans la bouteille III, réduction

$$\frac{2684 \times 750{,}2}{(1 + 10{,}8 \times 0{,}003665)\ 760} = 2548{,}5 \text{ CC}$$

Dosages de l'acide carbonique.

1° *Bouteille II.*

40 CC de la solution faible sont neutralisés par 36,8 CC de solution acide.

Au bout de 3 heures, 30 CC de la solution de baryte sont déjà neutralisés par 21,3 CC de solution acide; p. consq.

30 CC de solution de baryte ont fixé 6 millig. 3 de CO^2
et 40 . . . . 8 millig 4 de CO^2

2° *Bouteille III.*

40 CC de la solution faible sont neutralisés par 36,8 CC de solution acide.

Au bout de 3 heures 30 CC de solution de baryte sont déjà neutralisés par 22,4 CC de solution acide ; p. consq.

30 CC de solution de baryte ont fixé 5 millig. 2 de CO^2
et 40 . . . . 6 millig. 9 de CO^2

enfin 3621,4 CC d'air de la bouteille II contenant 8 mil. 4 de CO^2
et 2548,5 CC » » III » 6 mil. 9 de CO^2
6169,9 CC d'air des bout. II et III contiend. 15 mil. 3 de CO^2
et 40164,7 CC d'air expiré dans la cloche contiendront 0,09975 de CO^2.

3° *Bouteille I et cloche.*

100 CC de la solution forte sont neutralisés par 280,8 CC de solution acide.

Au bout de 3 heures, 50 CC sont déjà neutralisés par 58,8 CC de solution acide; p. consq.

50 CC de solution de baryte ont fixé 81 millig. 6 de CO^2
et 100 CC » » » 163 millig. 2 de CO^2
2282,6 CC de la bouteille I contenant 163 millig. 2 de CO^2
40164,7 CC d'air expiré dans la cloche contiendront
p. consq. . . . . 2 gr. 87167
dont il faut soustraire . . . 0 gr. 09981
Reste . . . 2 gr. 77186 CO^2 7 min.
0 gr. 39598 CO^2 1 min.
0 gr. 03599 CO^2 dans une seule expiration.

Dans toutes ces expériences, j'ai pris pour l'air des bouteilles la même température que celle de l'air de la chambre, ce qui devait être juste, puisque les bouteilles étaient toujours soigneusement séchées avant d'être employées; le courant d'air produit par les poires de caoutchouc ne pouvait donc pas amener de refroidissement par évaporation.

J'en ai fait de même pour la température de l'air expiré, quoiqu'elle fût constamment de 2 à 3 dixièmes de degrés inférieure à celle de la chambre; mais puisque cet écart a été le même dans les deux localités, il ne peut pas présenter d'inconvénients; l'essentiel est que les observations soient comparatives.

J'ajouterai une dernière remarque concernant l'appareil: j'ai dû renoncer dès le commencement à employer de l'eau saturée de Na Cl, car au bout de peu de jours, il se formait des cristaux entravant considérablement les mouvements de la cloche. La concentration 20 pour 100 employée, ne pouvait guère dissoudre des quantités appréciables de CO^2, lesquelles auraient été du reste les mêmes dans les deux stations.

Les tableaux VII et VIII donnent les chiffres de 35 expériences faites à 142^m et de 32 à 1100^m [1]. Enumérons-en les résultats :

1° La température de l'air extérieur se trouve à peu de chose près la même dans les deux stations, ce qui est une condition indispensable pour la comparaison des résultats suivants.

2° La moyenne barométrique de Ste-Croix est de 78^{mm} inférieure à celle de Strasbourg.

3° La comparaison des moyennes du pouls (colonne 6) confirme entièrement ce que nous avons appris précédemment (page 12), c'est-à-dire que le séjour régulier et prolongé à des altitudes de plus en plus élevées, augmente la fréquence des battements cardiaques. De plus nous voyons (colonnes 4 et 5) que cette fréquence est sensiblement la même avant et après l'expérience.

4° Quant à la fréquence respiratoire (colonnes 7 et 8) à Strasbourg, elle est de 11,20 par minute en dehors de l'appareil

Et de 11,15 dans l'appareil.

A Ste-Croix elle est de 11,14 par minute en dehors de l'appareil

Et de 11,24 dans l'appareil.

Par conséquent, accélération nulle d'un niveau à l'autre; puis, nombre presque égal de mouvements respiratoires avant et pendant chaque expérience, ce qui montre combien le rhythme respiratoire naturel était peu troublé par le gazomètre.

5° Si nous comparons maintenant le volume d'air expiré dans les deux séries d'expériences (colonne 10), nous trouvons un résultat tout naturel, et entièrement conforme à l'opinion admise jusqu'ici, que les inspirations deviennent plus amples à mesure qu'on s'élève, pour compenser la raréfaction de l'air.

---

[1] On voudra bien excuser le nombre un peu grand de décimales reproduites dans ces tableaux; car elles ne présentent rien d'illusoire, puisqu'elles résultent tout simplement de calculs et non point de quelque approximation hasardée.

A 142 mètres.

40955,7 CC d'air vicié sont exhalés en 7 min.; 5850 CC en une minute; 524 CC en une seule expiration.

A 1100 mètres.

43893,75 CC d'air vicié sont exhalés en 7 min.; 6270 CC en une minute, et 557 CC en une seule expiration.

Ainsi le volume d'une seule expiration est de 33 centimètres cubes plus considérable à 1100^{m} qu'à 142^{m}.

Aussi ne serons-nous pas peu surpris de voir ce rapport tout-à-fait renversé si nous réduisons les volumes à 0° et à 760^{mm}.

Dans ce cas, nous voyons (colonne 11) :

A 142 mètres.

38362,8 CC d'air vicié sont exhalés en 7 min.; 5480 CC en une minute et 491 CC en une seule expiration.

A 1100 mètres.

36917 CC d'air vicié sont exhalés en 7 min.; 5273 CC en une min. et 469 CC en une seule expiration.

C'est-à-dire qu'en réalité, les volumes étant réduits à l'unité commune de 0° et 760^{mm}, *loin de trouver une augmentation dans le poids*[1] *de l'air respiré à mesure que l'on habite plus haut, il y a bien plutôt diminution*, puisque le volume d'une seule expiration est de 22 CC moins considérable à 1100^{m} qu'à 142^{m}.

6° Voyons enfin quelle est la proportion de CO^2 trouvée dans ces volumes (colonne 14) :

A 1100 mètres.

2 gr. 81624 CO^2 sont exhalés en 7 min.; 0 gr. 40231 en une minute, et 0 gr. 03576 en une seule expiration.

A 142 mètres.

2 gr. 62517 CO^2 sont exhalés en 7 min.; 0,37503 en une minute, et 0 gr. 03362 en une seule expiration.

C'est-à-dire qu'à 1100^m, une seule expiration donne 0 gr. 00214 d'CO^2 de plus qu'à 142^m. La différence est donnée de la façon la plus générale en calculant pour 100 volumes d'air expiré, la proportion de CO^2 : elle se trouve être de 6,09 à 1100^m, et seulement de 5,50 à 142^m (colonne 17).

Or comme nous avons trouvé que la différence de niveau ne produit aucune variation dans la fréquence respiratoire, nous sommes donc forcés de conclure que *la quantité absolue et relative de* CO^2 *exhalé par les poumons augmente par le transport de l'habitat à des niveaux plus élevés, et cela avec une fréquence respiratoire toujours la même, et avec une diminution dans le poids de l'air respiré.*

J'étais loin, au commencement, de m'attendre à un tel résultat, duquel il m'est impossible de douter maintenant. Je crois m'être assez expliqué sur toutes les conditions d'observations et sur la méthode expérimentale employée, et crois avoir assez fourni aux exigences pour être en droit de considérer ce résultat comme très-rapproché d'un fait réel, quelle que soit l'interprétation qu'on veuille en donner. Il suffit de jeter un coup d'œil sur l'ensemble des tableaux VII et VIII pour remarquer dans les chiffres d'une même colonne des résultats sensiblement les mêmes : les différences qui les séparent les uns des autres sont en tous cas moins considérables que les écarts qu'ils présentent avec les chiffres dans la colonne correspondante de l'autre tableau. Ce point très-important me semble surtout propre à donner confiance dans les lois obtenues, confiance qui serait bien diminuée si chaque moyenne ne reposait que sur des chiffres extrêmes, ne présentant entr'eux aucune uniformité.

---

[1] Il va sans dire que pour formuler exactement cette loi, nous ne pouvons plus employer le mot d'*amplitude*, laquelle est réellement augmentée à mesure que la pression de l'air diminue.

1	2	12	13	14	15	16	
Numéro d'observation	Température	grammes de l'acide carbonique expiré	Poids de CO^2 inspiré, à soustraire du poids précéd.	Poids définitif de CO^2 expiré en 7 minutes	Poids de CO^2 exprimé par minute	Poids de CO^2 pour une seule expiration	
			gr.	gr.	gr.	gr.	
1	13	2910	0,12000	2,80910	0,40130	0,03795	Moyenne = 5,507 volume d'acide carbonique p. 100 volume d'air expiré.
2	13	7020	0,14219	2,52801	0,36114	0,03416	
3	13	4560	0,13690	2,50870	0,35838	0,03175	
4	13	0960	0,15670	2,65290	0,37898	0,03358	
5	13	3370	0,09861	2,43509	0,34787	0,03043	
6	13	7100	0,13380	2,63720	0,37674	0,03235	
7	13	2100	0,11150	2,51000	0,35857	0,03217	
8	15	1220	0,11600	2,39620	0,34231	0,03052	
9	15	0810	0,13010	2,47800	0,35400	0,03097	
10	13	0330	0,12900	2,67430	0,38204	0,03428	
11	13	0260	0,08830	2,51430	0,35918	0,03286	
12	14	5650	0,10430	2,45220	0,35031	0,03143	
13	12	2500	0,12210	2,60290	0,37184	0,03424	
14	12	9340	0,10610	2.58730	0,36961	0,03360	
15	14	8862	0,11890	2,56972	0,36710	0,03252	
16	13	2570	0,12035	2,50540	0,35791	0,03172	
17	13	9561	0,11619	2,57942	0,36848	0,03184	
18	12	3882	0,10709	2,53182	0,36168	0,03204	
19	13	9000	0,11950	2,68005	0,38292	0,03393	
20	14	0981	0,13635	2,77346	0,39620	0,03555	
21	13	5221	0,10258	2,54963	0,36423	0,03268	
22	13	4128	0,11555	2,62573	0,37510	0,03494	
23	12	7300	0,08553	2,48747	0,35535	0,03148	
24	12	6680	0,08664	2,88016	0,41145	0,03645	
25	10	6542	0,07909	2,78633	0,39804	0,03482	
26	9	2491	0,07123	2,75368	0,39338	0,03612	
27	10	3102	0,09559	2,73543	0,39077	0,03552	
28	10	7167	0,09981	2,77185	0,39593	0,03599	
29	12	2069	0,09286	2,72783	0,38969	0,03686	
30	11	6268	0,09129	2,67139	0,38162	0,03469	
31	10	2311	0,08930	2,73380	0,39054	0,03645	
32	9	7230	0,08310	2,58920	0,36988	0,03236	
33	9	4978	0,06069	2,88909	0,41272	0,03613	
34	11	5646	0,09800	2,75846	0,39406	0,03582	
35	12	3093	0,13057	2,50036	0,35719	0,03205	
Moyennes	12	3347	0,10844	2,62517	0,37503	0,03362	
		volume 100	0,227 volume p. 100	5,507 volume p. 100			

TABLEAU VII

Observations faites à Strasbourg. Altitude 142m

1 Numéro d'observation	2 Température de l'air extérieur	3 Pression barométrique	4 Pouls avant l'expérience	5 Pouls après l'expérience	6 Pouls. Moyenne	7 Nombre des mouvements respiratoires en dehors du spiromètre	8 Nombre des mouvements respiratoires dans le spiromètre	9 Durée de l'expérience	10 Volume du gaz expiré en CC	11 Volume réduit à 0 degré et 760mm	12 Poids total en grammes de l'acide carbonique expiré	13 Poids de CO^2 inspiré, à soustraire du poids précéd.	14 Poids définitif de CO^2 expiré en 7 minutes	15 Poids de CO^2 exprimé par minute	16 Poids de CO^2 pour une seule expiration	
		mm.									gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1	13°,20	742,6	62 —	64 —	63 —	78 = 11,142	74 = 10,571	7 min.	CC 43200	CC 40263,1	2,92910	0,12000	2,80910	0,40130	0,03795	Moyenne = 5,507 volume d'acide carbonique p. 100 volume d'air expiré.
2	13°,40	745,7	56,5	60 —	58,25	75,5 = 10,785	74 = 10,571	7 »	» 40150	» 37550,4	2,67020	0,14219	2,52801	0,36114	0,03416	
3	13°,40	743,7	64 —	63,5	63,75	78 = 11,142	79 = 11,285	7 »	» 42800	» 39921,0	2,64560	0,13690	2,50870	0,35838	0,03175	
4	13°,50	740,4	61,5	59 —	60,25	80 = 11,428	79 = 11,285	7 »	» 41900	» 38894,9	2,80960	0,15670	2,65290	0,37898	0,03358	
5	13°,70	726,6	61 —	60,5	60,75	81,5 = 11,642	80 = 11,428	7 »	» 39500	» 35948,6	2,53370	0,09861	2,43509	0,34787	0,03043	
6	13°,80	735,4	57,5	59 —	58,25	80,5 = 11,500	81,50 = 11,642	7 »	» 44000	» 40526,1	2,77100	0,13380	2,63720	0,37674	0,03235	
7	13°,80	732,7	64 —	58 —	61 —	77 = 11 —	78 = 11,142	7 »	» 42000	» 38542,0	2,62100	0,11150	2,51000	0,35857	0,03217	
8	15°,40	736,5	62 —	60 —	61 —	78,5 = 11,214	78,5 = 11,214	7 »	» 41000	» 37609,5	2,51220	0,11600	2,39620	0,34231	0,03052	
9	15°,60	745,9	64 —	62 —	63 —	78 = 11,142	80 = 11,428	7 »	» 40600	» 37691,7	2,60810	0,13010	2,47800	0,35400	0,03097	
10	13°,30	748,9	68 —	60 —	64 —	78 = 11,142	78 = 11,142	7 »	» 43200	» 40590,5	2,80330	0,12900	2,67430	0,38204	0,03428	
11	13°,20	748,	62 —	60 —	61 —	75 = 10,714	76,5 = 10,928	7 »	» 39300	» 36894,6	2,60260	0,08830	2,51430	0,35918	0,03286	
12	14°,—	745,7	59 —	59 —	59 —	78 = 11,142	78 = 11,142	7 »	» 39600	» 36958,5	2,55650	0,10430	2,45220	0,35031	0,03143	
13	12°,30	738,5	60 —	56 —	58 —	76 = 10,857	76 = 10,857	7 »	» 41200	» 38307,6	2,72500	0,12210	2,60290	0,37184	0,03424	
14	12°,60	732,4	59 —	56 —	57,50	77 = 11 —	77 = 11 —	7 »	» 42100	» 38780,2	2,69340	0,10610	2.58730	0,36961	0,03360	
15	14°,—	749,5	62 —	62 —	62 —	79 = 11,285	79 = 11,285	7 »	» 40500	» 37991,1	2,68862	0,11890	2,56972	0,36710	0,03252	
16	13°,90	750,8	56 —	56 —	56 —	78 = 11,142	79 = 11,285	7 »	» 39900	» 37506,3	2,62570	0,12035	2,50540	0,35791	0,03172	
17	13°,40	750,8	62 —	63 —	62,50	80 = 11,428	81 = 11,520	7 »	» 40450	» 38093,1	2,69561	0,11619	2,57942	0,36848	0,03184	
18	12°,60	745,5	60 —	62 —	61 —	79 = 11,285	79 = 11,285	7 »	» 40150	» 37645,5	2,63882	0,10709	2,53182	0,36168	0,03204	
19	13°,30	763,	59 —	59 —	59 —	80 = 11,428	79 = 11,285	7 »	» 41300	» 39536,9	2,79000	0,11950	2,68005	0,38292	0,03393	
20	14°,20	752,6	62 —	60 —	61 —	78 = 11,142	78 = 11,142	7 »	» 42600	» 40098,4	2,90981	0,13635	2,77346	0,39620	0,03555	
21	13°,80	748,3	60 —	60 —	60 —	78 = 11,142	78 = 11,142	7 »	» 40200	» 37679,2	2,65221	0,10258	2,54963	0,36423	0,03268	
22	13°,10	752,4	61 —	60 —	60,50	80 = 11,428	78 = 11,142	7 »	» 41400	» 39111,0	2,74128	0,11555	2,62573	0,37510	0,03494	
23	12°,60	737,0	57 —	56 —	56,50	80 = 11,428	79 = 11,285	7 »	» 39700	» 36801,7	2,57300	0,08553	2,48747	0,35535	0,03148	
24	12°,—	734,0	60 —	58 —	59 —	79 = 11,285	79 = 11,285	7 »	» 40600	» 37560,2	2,96680	0,08664	2,88016	0,41145	0,03645	
25	10°,90	748,5	58 —	58 —	58 —	80 = 11,428	80 = 11,428	7 »	» 41900	» 39680,8	6,86542	0,07909	2,78633	0,39804	0,03482	
26	9°,50	760,9	60 —	58 —	59 —	80,5 = 11,500	79 = 11,285	7 »	» 39900	» 38603,1	2,82491	0,07123	2,75368	0,39338	0,03612	
27	10°,—	756,2	56 —	56 —	56 —	77 = 11 —	77 = 11 —	7 »	» 41600	» 39928,6	2,83102	0,09559	2,73543	0,39077	0,03552	
28	10°,80	750,2	58 —	58 —	58 —	78 = 11,142	77 = 11 —	7 »	» 42300	» 40164,7	2,87167	0,09981	2,77185	0,39593	0,03599	
29	12°,60	741,1	58 —	59 —	58,50	77 = 11 —	74 = 10,570	7 »	» 39700	» 37006,0	2,82069	0,09286	2,72783	0,38969	0,03686	
30	11°,20	736,0	56 —	59 —	57,50	77 = 11 —	77 = 11 —	7 »	» 41200	» 38325,7	2,76268	0,09129	2,67139	0,38162	0,03469	
31	10°,50	745,5	53 —	55 —	54 —	78 = 11,142	75 = 10,710	7 »	» 40300	» 38067,6	2,82311	0,08930	2,73380	0,39054	0,03645	
32	9°,60	749,4	58 —	58 —	58 —	80 = 11,428	80 = 11,428	7 »	» 40100	» 38196,5	2,67230	0,08310	2,58920	0,36988	0,03236	
33	9°,60	751,7	56 —	56 —	56 —	80 = 11,428	80 = 11,428	7 »	» 40800	» 38981,4	2,94978	0,06069	2,88909	0,41272	0,03613	
34	11°,20	747,2	56 —	58 —	57 —	77 = 11 —	77 = 11 —	7 »	» 40200	» 37969,8	2,85646	0,09800	2,75846	0,39406	0,03582	
35	12°,90	747,8	57 —	58 —	57,50	78 = 11,142	78 = 11,142	7 »	» 38100	» 35807,8	2,63093	0,13057	2,50036	0,35719	0,03205	
Moyennes	12°,65	744,89	59,58	59,02	59,30	78,41 = 11,20	78,07 = 11,15	7 min.	CC 40955,7	CC 38362,8	2,73347	0,10844	2,62517	0,37503	0,03362	
											5,734 volume p. 100	0,227 volume p. 100	5,507 volume p. 100			

1 Numéro d'observation	2 Température de l'air	–	13 Poids de CO^2 inspiré, à soustraire du poids précéd.	14 Poids définitif de CO^2 pour 7 minutes	15 Poids pour une minute	16 Poids pour une seule expiration	
			gr.	gr.	gr.	gr.	
1	13°,4	6	0,05311	2,94855	0,42122	0,03595	Moyenne = 6,098 volumes d'acide carbonique pour 100 volumes d'air expiré.
2	13°,5	0	0,06090	2,62640	0,37520	0,03242	
3	15°,5	0	0,06732	2,83278	0,40468	0,03518	
4	15°,9	2	0,08060	2,96572	0,42370	0,03953	
5	15°,3	0	0,07319	2,70021	0,38574	0,03375	
6	14°,5	0	0,07680	2,74082	0,39154	0,03326	
7	14°,9	0	0,07326	2,99284	0,42754	0,03822	
8	15°,9	6	0,07640	2,96486	0,42355	0,03837	
9	12°,9	6	0,08500	2,78646	0,39806	0,03440	
10	13°,4	0	0,07103	2,78187	0,39740	0,03376	
11	16°,0	0	0,06320	2,70930	0,38704	0,03264	
12	15°,8	1	0,08539	2,89662	0,41380	0,03643	
13	15°,9	7	0,04696	2,88639	0,41234	0,03478	
14	14°,2	8	0,08000	2,83028	0,40432	0,03430	
15	14°,2	0	0,09000	3,01140	0,43020	0,03585	
16	15°,9	0	0,08700	2,59090	0,37013	0,03237	
17	15°,3	0	0,07900	2,77770	0,39682	0,03561	
18	12°,3	0	0,06002	2,78088	0,39727	0,03602	
19	11°,2	0	0,05979	2,80821	0,40117	0,03600	
20	16°,0	0	0,08510	3,13780	0,44825	0,04128	
21	11°,0	7	0,05390	2,79627	0,39946	0,03631	
22	11°,1	0	0,06432	2,82147	0,40306	0,03688	
23	10°,3	4	0,04851	2,95323	0,42189	0,03885	
24	10°,1	0	0,05580	2,93660	0,41808	0,03876	
25	9°,5	0	0,04774	2,64476	0,37782	0,03390	
26	9°,5	5	0,05684	2,61591	0,37370	0,03487	
27	9°,4	4	0,06280	2,95654	0,42236	0,03790	
28	9°,5	1	0,05231	2,72030	0,38861	0,03565	
29	9°,9	6	0,04759	2,75827	0,39403	0,03582	
30	9°,3	0	0,04068	2,73722	0,39103	0,03554	
31	9°,	1	0,04020	2,69871	0,38553	0,03504	
32	8°,7	0	0,05977	2,75243	0,39320	0,03621	
Moyennes	12°,6	5	0,06522	2,81624	0,40231	0,03576	
		0	0,141 p. 100 volumes	6,098 p. 100 volumes			

TABLEAU VIII

Observations faites à Sainte-Croix. Altitude 1100^{m}

1 Numéro d'observation	2 Température de l'air extérieur	3 Pression barométrique	4 Pouls avant l'expérience	5 Pouls après l'expérience	6 Pouls. Moyenne	7 Nombre des mouvements respiratoires en dehors du spiromètre	8 Nombre des mouvements respiratoires dans le spiromètre	9 Durée de l'expérience	10 Volume de gaz expiré en CC	11 Volume réduit à 0° et 760^{mm}	12 Poids total en grammes de CO^2 expiré	13 Poids de CO^2 inspiré, à soustraire du poids précéd.	14 Poids définitif de CO^2 pour 7 minutes	15 Poids pour une minute	16 Poids pour une seule expiration	
		mm.									gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1	13°,4	674,7	60	60	69 —	82 = 11,714	82 = 11,714	7 min.	CC 44000	CC 37233,2	3,00166	0,05311	2,94855	0,42122	0,03595	Moyenne = 6,098 volumes d'acide carbonique pour 100 volumes d'air expiré.
2	13°,5	672,5	59	59	59 —	79 = 11,285	81 = 11,571	7 »	» 43650	» 36803,5	2,68730	0,06090	2,62640	0,37520	0,03242	
3	15°,5	668,4	57	58	57,5	80 = 11,428	80,5 = 11,500	7 »	» 44500	» 37032,8	2,90010	0,06732	2,83278	0,40468	0,03518	
4	15°,9	669,1	58	58	58 —	77 = 11 —	75 = 10,710	7 »	» 46500	» 38684,0	3,04652	0,08060	2,96572	0,42370	0,03953	
5	15°,3	665,6	65	65	65 —	80 = 11,428	80 = 11,428	7 »	» 43800	» 36368,0	2,77340	0,07319	2,70021	0,38574	0,03375	
6	14°,5	673,1	61	60	61,5	80 = 11,426	80 = 11,428	7 »	» 43700	» 36750,2	2,81760	0,07680	2,74082	0,39154	0,03326	
7	14°,9	664,2	62	61	62 —	79 = 11,285	78,3 = 11,185	7 »	» 45500	» 37705,4	3,06610	0,07326	2,99284	0,42754	0,03822	
8	15°,9	667,4	65	62	63 —	76 = 10,857	77 = 11 —	7 »	» 45500	» 37755,9	3,04126	0,07640	2,96486	0,42355	0,03837	
9	12°,9	671,8	57	57	57 —	80 = 11,428	81 = 11,571	7 »	» 44250	» 37348,8	2,87146	0,08500	2,78646	0,39806	0,03440	
10	13°,4	667,8	63	64	63,5	81 = 11,571	82,4 = 11,771	7 »	» 43700	» 36601,0	2,85390	0,07103	2,78187	0,39740	0,03376	
11	16°,0	669,9	68	65	66,5	80 = 11,428	83 = 11,857	7 »	» 43850	» 36510,5	2,77250	0,06320	2,70930	0,38704	0,03264	
12	15°,8	666,3	66	63	64,5	79,5 = 11,357	79,8 = 11,357	7 »	» 46150	» 38245,4	2,98201	0,08539	2,89662	0,41380	0,03643	
13	15°,9	668,8	73	69	71 —	82,2 = 11,750	83 = 11,857	7 »	» 46800	» 38916,1	2,93337	0,04696	2,88639	0,41234	0,03478	
14	14°,2	672,1	62	62	62 —	82,3 = 11,757	82,5 = 11,785	7 »	» 41500	» 34884,7	2,91028	0,08000	2,83028	0,40432	0,03430	
15	14°,2	671,8	67	62	64,5	83 = 11,857	84 = 12 —	7 »	» 46600	» 39154,2	3,10140	0,09000	3,01140	0,43020	0,03585	
16	15°,9	672,7	58	62	60 —	79 = 11,285	80 = 11,428	7 »	» 41550	» 34752,0	2,67800	0,08700	2,59090	0,37013	0,03237	
17	15°,3	672,5	63	63	63 —	78 = 11,142	78 = 11,142	7 »	» 42150	» 35360,0	2,85670	0,07900	2,77770	0,39682	0,03561	
18	12°,3	662,4	65	66	65,5	78,6 = 11,228	77,2 = 11,028	7 »	» 43500	» 36278,2	2,84090	0,06002	2,78088	0,39727	0,03602	
19	11°,2	663,9	66	63	64,5	77 = 11 —	78 = 11,142	7 »	» 43200	» 36249,4	2,86800	0,05979	2,80821	0,40117	0,03600	
20	16°,0	669,1	67	65	66 —	77 = 11 —	76 = 10,811	7 »	» 46500	» 38670,7	3,22300	0,08510	3,13780	0,44825	0,04128	
21	11°,0	663,6	64	62	63 —	77 = 11 —	77 = 11 —	7 »	» 43250	» 36287,9	2,85017	0,05390	2,79627	0,39946	0,03631	
22	11°,10	669,0	62	63	62,50	77 = 11 —	76,50 = 10,928	7 »	» 44700	» 37796,9	2,88580	0,06432	2,82147	0,40306	0,03688	
23	10°,30	671,0	66	66	66 —	76 = 11,811	76 = 10,811	7 »	» 45100	» 38370,0	3,00174	0,04851	2,95323	0,42189	0,03885	
24	10°,10	670,8	64	65	64,50	75 = 10,710	75,50 = 10,785	7 »	» 44700	» 37918,4	2,98240	0,05580	2,93660	0,41808	0,03876	
25	9°,50	669,5	68	67	67,50	78 = 11,142	78 = 11,142	7 »	» 41250	» 35115,3	2,69250	0,04774	2,64476	0,37782	0,03390	
26	9°,55	668,2	67	67	67 —	77 = 11 —	75 = 10,710	7 »	» 41400	» 35168,4	2,67275	0,05684	2,61591	0,37370	0,03487	
27	9°,40	668,4	67	63	65 —	76 = 10,857	78 = 11,142	7 »	» 42900	» 36472,8	3,01934	0,06280	2,95654	0,42236	0,03790	
28	9°,50	669,8	60	60	60 —	77 = 11 —	76,30 = 10,900	7 »	» 42300	» 36025,3	2,77261	0,05231	2,72030	0,38861	0,03565	
29	9°,90	668,0	62	64	63 —	76,50 = 10,928	77 = 11 —	7 »	» 42800	» 36300,8	2,80586	0,04759	2,75827	0,39403	0,03582	
30	9°,30	666,9	59	64	60 —	79,40 = 11,328	77 = 11 —	7 »	» 42700	» 36234,2	2,77790	0,04068	2,73722	0,39103	0,03554	
31	9°,—	671,7	69	61	65 —	77 = 11 —	77 = 11 —	7 »	» 42700	» 36519,9	2,73891	0,04020	2,69871	0,38553	0,03504	
32	8°,75	673,9	66	66	63 —	78 = 11,142	76 = 10,811	7 »	» 43900	» 37715,8	2,81220	0,05977	2,75243	0,39320	0,03621	
Moyennes	12°,68	669,21	63,72	63	63,36	78 = 11,14	78,69 = 11,24	7 min.	CC 43893,75	CC 36917,4	2,88156	0,06522	2,81624	0,40231	0,03576	
											6,24 p. 100 volumes	0,141 p. 100 volumes	6,098 p. 100 volumes			

RÉSUMÉ

1° *Le séjour régulier et prolongé à des niveaux de plus en plus élevés est accompagné d'une accélération du pouls.*

2° *Le séjour régulier et prolongé à 1100^{m} au-dessus du niveau de la mer, n'est accompagné d'aucune accélération des mouvements respiratoires.*

De ces deux lois résulte la suivante :

3° *La fraction moyenne ($^1/_4$) représentant les rapports entre la fréquence respiratoire et les battements du cœur, devient toujours plus petite à mesure qu'on habite des stations plus élevées au-dessus du niveau de la mer.*

4° *La température humaine ne paraît pas sensiblement diminuée par le transport de l'habitat de 142 à 1100^{m}.*

5° *Loin de trouver une augmentation dans le poids de l'air respiré à mesure que l'on habite plus haut, il y a plutôt diminution.*

6° *La quantité absolue et relative d'acide carbonique exhalé par les poumons augmente par le transport de l'habitat à des niveaux plus élevés, et cela avec une fréquence respiratoire toujours la même, et avec une diminution du poids de l'air respiré.*

Le problème si intéressant des conditions vitales créées par le séjour sur les niveaux élevés, est le sujet d'une étude tout à fait moderne et à laquelle se rattachent les noms de deux auteurs, MM. Jourdanet et P. Bert, qu'il importe particulièrement de citer, puisqu'ils ont transporté cette étude dans une phase entièrement nouvelle, l'un par une longue série d'observations faites sur les habitants des hauts plateaux de l'Amérique, l'autre par des expériences de laboratoire qui occupent actuellement l'attention du monde savant. Avant eux, on s'était borné seulement à mettre en évidence l'ensemble de symptômes remarquables que tous les touristes éprouvent en gravissant de hautes montagnes, et rien d'analogue n'avait été soupçonné chez les habitants des lieux élevés : on était persuadé, — et on l'est encore très-généralement — que l'homme n'est pas moins apte à habiter très-haut que très au Nord dans les régions polaires; qu'il s'habitue et s'accommode exactement aux conditions créées par un air raréfié, et que les phénomènes particuliers qu'il accuse sur les hauts plateaux sont dus simplement à l'abaissement de température, aussi bien que lorsqu'il s'éloigne de l'équateur.

Quant au *mal de montagne, mal des aéronautes*, il fut l'objet d'un grand nombre de théories plus ou moins inadmissibles, oubliant une cause fondamentale qui nous semble aujourd'hui facile à prévoir. Pravaz l'avait entrevue, et Jourdanet l'avait parfaitement appréciée, mais il était réservé à P. Bert de la démontrer. Suivant ce physiologiste, les animaux soumis expérimentalement à l'influence d'un air raréfié, éprouvent exactement les mêmes symptômes que les touristes ou les aéronautes qui dépassent une certaine limite. La diminution de pression barométrique ne peut être considérée comme la cause directe de ces symptômes, mais elle n'agit que par la diminution proportionnelle de l'oxygène dans l'unité de volume d'air inspiré. Insuffisance d'air vital, telle est la cause essentielle du mal de montagne, et de laquelle découlent tous les symptômes décrits par ceux qui en ont été atteints. Bert a prouvé suffisamment que la pression barométrique elle-même n'y est pour rien, puisqu'un animal peut parfaitement vivre dans un air raréfié et même très-raréfié, pourvu qu'il soit artificiel, qu'on y ait ajouté suffisamment d'oxygène pour que la part de tension qui revient à ce gaz soit toujours égale à $0{,}76 \frac{20{,}8}{100} = 0{,}16$ comme dans l'air normal. Toutes les fois que cette proportion baisse, la tension de l'O. baisse en même temps, et les phénomènes d'asphyxie commencent. En employant une atmosphère d'O. presque pur, P. Bert a pu faire descendre la pression jusqu'à 7 centimètres, sans que l'animal en expérience parût être incommodé.

... « Les troubles, les accidents, la mort qui surviennent par l'effet de la diminution de pression, sont dus tout simplement à l'asphyxie; c'est qu'un animal soumis à une diminution croissante de pression est semblable à un animal qui s'asphyxie en vase clos, dans l'air ordinaire, sous la réserve peu importante, comme nous le verrons plus tard, de l'action de l'acide carbonique produit. Le voyageur qui, s'élevant sur le flanc d'une montagne, sent un malaise croissant l'arrêter presque complétement quand la pression n'est plus que d'une demi-atmosphère, est comparable, malgré la pureté proverbiale de l'air qu'il respire, à ces mineurs de Bretagne qui deviennent incapables de tout travail dans les mines de pyrite, dont l'air, suivant F. Leblanc, ne contient plus que 10 à 12 pour 100, que demi-proportion d'O. La tension de l'O est tout; la pression barométrique en elle-même ne fait rien, ou presque rien [1]. »

Il nous importe ici de faire remarquer que longtemps auparavant, Hoppe-Seyler avait publié des résultats identiques à ceux obtenus 16 ans plus tard par Bert et qui paraissent avoir été ignorés par ce dernier. En 1857, Hoppe-Seyler [2] en soumettant des animaux à des diminutions brusques de pression atmosphérique, dans des conditions analogues à celles qui furent employées plus tard par le physiologiste français, constata le premier que la mort provoquée par une diminution très-brusque de pression, dépend principalement de l'accumulation de bulles gazeuses dans l'arbre circulatoire. Le premier aussi, il constata le rôle important que la diminution de l'O. de l'air ambiant exerce sur le voyageur qui s'élève, et vit dans cette diminution la cause essentielle du mal de montagne. Je ne puis mieux faire que de rapporter quelques lignes de l'auteur lui-même : . . . « Lorsque la pression de l'air » s'abaisse, la diminution de la puissance d'absorption de l'O. » par le sang ne peut pas être sans influence sur l'état de » l'homme qui gravit de hautes montagnes. Le travail de l'as» cension, déjà pénible en lui-même, est encore augmenté par » l'accollement plus faible des articulations et exige une dé» pense plus considérable de force musculaire; celle-ci dé» pend de l'apport de l'O., puisque sans lui aucun échange » matériel, par conséquent aucun dégagement de force ne » peut avoir lieu. Or si le sang a pour l'O. un pouvoir d'ab» sorption moins grand, lors même que la circulation est » activée, il apportera aux muscles, dans l'unité de temps, » une quantité d'O. moins grande que sous la pression atmos» phérique normale; il y a donc diminution de recette, et » fatigue rapide, qui disparaît après un court repos, mais qui » reparaît d'autant plus vite. »

---

[1] P. Bert. Influence des mod. de la pression barom. (page 33).

[2] Archiv. f. Anatom. u. Physiolog., F. Hoppe, 1857. « Ueber den Einfluss, welchen der Wechsel des Luftdruckes auf das Blut ausübt. »

Mais ce qui donne aux expériences de P. Bert une importance toute spéciale, ce sont les analyses des gaz du sang qu'il fit sur les animaux soumis aux variations de pression. Ces recherches ont été faites sur des chiens auxquels on retirait une certaine quantité de sang artériel, immédiatement avant l'expérience : une seconde saignée était pratiquée ensuite sur le même animal, soumis à une pression déterminée; il ne restait plus enfin qu'à comparer les résultats de la seconde analyse avec ceux de la première. Bert a constaté de la sorte que l'O. et l'CO^2 du sang artériel subissent dans leur quantité des diminutions presque régulièrement proportionnelles aux diminutions de pression du milieu respirable. L'O. se rapproche même plus de la proportionnalité rigoureuse que l'acide carbonique; à des pressions de 30 ou 40 centimètres, le sang artériel est aussi dépourvu de ce gaz que le sang veineux ordinaire. L'auteur attire spécialement l'attention sur les diminutions de l'O. du sang correspondant aux pressions de 56 centim., hauteur barométrique des plateaux les plus habités de l'Amérique; de 36 centim., qui est celle des plus grandes hauteurs atteintes par les touristes; et enfin celle de 26 centim. où Glaisher et Cowell perdirent connaissance dans leur ascension de 1862. Les proportions d'O, disparues sous ces 3 degrés de dépression, sont 13,6; 43,0 et 50,7 pour 100. Quant à la diminution de l'acide carbonique, elle a lieu dans le même sens que celle de l'O., mais en proportion moindre, surtout pour les pressions les plus fabiles.

Enfin la diminution des deux gaz ne se fait pas suivant la loi de Dalton, surtout l'acide carbonique qui s'en écarte le plus; mais, comme Bert le fait remarquer, cet écart n'est énorme ni pour l'un ni pour l'autre gaz.

Ces résultats qui ne sont pas de ceux que l'on peut mettre en doute, ne s'accordent point avec ce que l'on connaît sur l'absorption de l'O. par le sang. Ferney avait démontré qu'une petite partie seulement de l'O. est simplement dissous dans le sérum, et varie avec la pression, tandis que la plus grande partie de ce gaz est unie chimiquement aux globules rouges. Mais c'est bien plutôt aux beaux travaux de Hoppe-Seyler que nous devons la connaissance exacte de la matière colorante du sang qu'il appela *hémoglobine* et de sa combinaison chimique avec l'O., à laquelle il donna le nom d'*oxyhémoglobine;* cette combinaison, parfaitement déterminée et assez fixe, contient la presque totalité de l'oxygène du sang qui ne se dégage que sous une basse pression et une température voisine de 100° [1].

Bert explique la contradiction qui existe entre ces faits et les résultats de ses analyses, en ce que dans les expériences *in vitro*, les conditions sont toutes différentes, et que l'O. ne commence à sortir du sang qu'à de très-basses pressions. « Ainsi, tandis que dans le sang en circulation, la différence commence à se faire nettement sentir dès la pression de 56 centimètres, on ne voit, dans la pompe à mercure, sortir l'O. du sang qu'aux environs de 15 à 20 centim. C'est qu'en même temps que la question de capacité par l'O. se placent dans l'organisme vivant les questions de consommation d'O., de mouvements respiratoires et circulatoires » (Bert, p. 53).

---

[1] *Hoppe-Seyler.* Beitræge zur Kenntniss des Blutes des Menschens, und der Wirbelthiere, in Medecinisch-chemische Untersuchungen. Berlin, 1866. — *Hoppe-Seyler.* Handbuch der Physiolog. und pathol. chemisch.. Analyse. Vierte Auflage. Berlin, 1875.

On comprend que Jourdanet ait accueilli avec empressement les résultats de ces travaux, auxquels il avait du reste contribué en une certaine mesure. Ce qu'il avait énoncé dans deux écrits antérieurs, publiés de 1861-1864[2], il le développa très au long, dans un dernier ouvrage, d'une lecture des plus intéressantes : « *Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme.* » En s'appuyant sur ses appréciations personnelles, sur sa longue expérience résultant d'une vingtaine d'années consacrées à la pratique médicale sur les plateaux mexicains, et surtout sur les résultats fournis par les modifications brusques de pression employées par Bert, il tend à prouver chez l'habitant des altitudes cet état particulier auquel il donne le nom très-heureux *d'anoxyhémie.* M. Jourdanet accepte volontiers la tâche nouvelle de démontrer que ce qui est devenu un fait incontestable de laboratoire, a son influence très-marquée et non moins incontestable dans les phénomènes de la vie humaine. » Pour ce qui concerne les changements brusques de pression, tels que ceux subis par le touriste et l'aéronaute, nous pensons que les résultats de Bert sont parfaitement applicables et que nul ne songera à les contester. En effet, que l'on enferme un individu dans un grand récipient dont on retire peu à peu l'air, au moyen d'une pompe, ou que le même individu s'élève dans l'atmosphère, il est évident que les conditions sont identiques. M. Bert lui-même en se plaçant sous la cloche de la pompe pneumatique, et sous une dépression correspondant à la hauteur du sommet du Mont-Blanc, a éprouvé tous les symptômes caractéristiques du mal des montagnes.

---

[2] « Les altitudes de l'Amérique tropicale, » Paris 1861, et — « le Mexique et l'Amérique tropicale, » 1864.

Mais peut-on appliquer sans réserve les mêmes résultats à l'homme qui passe toute sa vie sous une dépression atmosphérique constante ? Il est permis d'en douter, et nous inclinerions plutôt à admettre que l'homme est capable de vivre dans toutes les altitudes habitées, et sans qu'il y subisse quelque influence pernicieuse. Il va sans dire qu'au-dessus d'une limite extrême, toute vie, aussi bien végétale qu'animale, est rendue impossible, non-seulement par la trop grande rareté de l'air, mais par une série d'autres influences tout aussi importantes.

La théorie de M. Jourdanet ne peut être établie sûrement que par des expériences comparatives analogues à celles que j'ai présentées dans ce mémoire. Dans les plateaux élevés du Mexique, si le sang de l'homme a perdu 13 pour 100 de son volume d'oxygène, il faut nécessairement que les combustions organiques soient moins actives, que la température du corps soit abaissée, et que l'exhalation d'acide carbonique soit moins considérable qu'au niveau de la mer. S'il en est ainsi, si petites que soient les différences obtenues, la théorie est justifiée. Or, de telles recherches ont totalement manqué jusqu'à présent, et ceux qui ont lu Jourdanet conviendront qu'à part les travaux de Bert sur lesquels il s'appuie essentiellement, les développements fournis par l'auteur reposent beaucoup plus sur des appréciations personnelles que sur des preuves positives. Quoique les résultats obtenus par Coindet paraissent être contraires aux idées de Jourdanet, je ne les invoque point ici, vu que les procédés d'expérimentation me paraissent avoir été défectueux. Ce qui me suggère plutôt des doutes sur la théorie de Jourdanet, ce sont les résultats que m'ont donnés mes propres recherches. Le niveau supérieur que j'ai atteint est de 1100^{m}, correspondant à 669^{mm} de pression, et à une tension d'oxygène égale à 18,4, tandis qu'elle est de 20,9 au niveau de la mer. Cette limite que je n'ai pu dépasser pour le moment, quoique peu élevée, n'en est pas moins importante, puisqu'elle correspond justement au degré de dépression que Bert a négligé dans ses expériences, parce que les différences qu'il a constatées étaient de l'ordre des erreurs d'analyse. Or, comme il est très-probable que les phénomènes marchent dans le même sens que celui qui est indiqué pour des dépressions considérables, les résultats trouvés à 1100^{m} me paraissent acquérir une importance également considérable pour des altitudes plus grandes. A cette hauteur, où donc la tension de l'O. est de 18,4, l'observation directe a montré: *a)* une température humaine très-sensiblement la même qu'au niveau de la mer, quoique l'air extérieur soit plus froid; *b)* une accélération régulière de la circulation; *c)* enfin *une augmentation de l'acide carbonique exhalé, lors même que la mécanique respiratoire est moins active.* Ce résultat est de nature à surprendre singulièrement; pour le moment, il me semble trop incompréhensible pour vouloir chercher à l'expliquer, et je préfère le laisser tel quel plutôt que d'en donner quelque explication nécessairement insuffisante; de nouvelles recherches faites à ce sujet ne présenteraient pas un mince intérêt.

Quant à l'augmentation de l'acide carbonique qui, nous l'avons vu, est de 0,59 pour 100 (tableaux VII et VIII), elle est une conséquence logique du maintien de la température du corps à un degré constant. Cette augmentation qui s'est montrée toujours irrégulière dans les expériences faites à Sainte-Croix, dénote certainement autre chose que la simple diminution de ce gaz dans le sang soumis à la dépression, comme Bert l'a démontré. Il s'agit bien réellement d'une suractivité de la combustion intraorganique rendue seulement possible par une plus grande quantité d'O. absorbée. En d'autres termes il y a compensation parfaite au milieu de cet air déjà notablement raréfié, mais il y a encore bien plus, puisque cette compensation a lieu sans une exagération dans le jeu mécanique de la respiration. Les adversaires de la compensation intégrale opposent surtout à celle-ci l'impossibilité où sont les habitants des régions élevées de compenser par une augmentation de la mécanique respiratoire l'influence de la moindre quantité d'oxygène de l'air; ils s'épuiseraient à cette gymnastique; aussi en sont-ils réduits à respirer toujours d'une manière insuffisante. En donnant une plus grande extension aux expériences de Fernet, MM. Bert et Gréhant ont montré que, *in vitro,* même à des pressions d'une demi et d'un tiers d'atmosphère, les quantités d'oxygène contenues dans le sang sont très-voisines de celle qu'il absorbe à la pression normale. Les chiffres obtenus en agitant du sang dans de l'air raréfié, montrent qu'au-dessous d'une atmosphère, la diminution d'oxygène ne paraît porter que sur le gaz dissous, tandis que les hématies ne perdent qu'une faible quantité de ce gaz, même à des pressions voisines de 10 centimètres. Le sang paraît donc capable d'absorber chimiquement à toutes les pressions autant d'oxygène qu'au niveau de la mer, mais il en contient en réalité beaucoup moins, pense M. Bert, parce que l'agitation de ce liquide avec l'air dans les poumons ne se fait plus dans des conditions suffisantes. Comme le sang artériel, même à la pression normale, n'est point saturé d'oxygène, mais qu'il n'y arrive qu'à la suite d'efforts respiratoires exagérés, il faudrait, à $^1/_2$ atmosphère, pour obtenir le même résultat qu'au niveau normal, que l'activité pulmonaire fût doublée, ce qui serait assurément impossible. M. Bert ajoute :

... « Cependant il se fait un mouvement dans ce sens, comme en témoignent les récits de tous les voyageurs, comme je l'ai observé sur les animaux et éprouvé moi-même dans mes appareils; aux faibles dépressions, la respiration s'accélère, les battements du cœur sont plus forts et plus nombreux, et l'équilibre peut être à peu près rétabli. Mais tout d'abord, ceci ne peut être que momentané, et semblable gymnastique ne saurait continuer longtemps sans des menaces d'emphysème et de maladies cardiaques; aussi cette exagération ne dure-t-elle pas et les étrangers eux-mêmes, transportés sur de petites montagnes (1000-2000^m), n'y voient-ils nullement se maintenir chez eux cette accélération redoutable : l'oxygène diminue fatalement dans leur sang[1]. »

C'est ici surtout que viennent s'opposer formellement les faits que j'ai directement observés à 1100^{m}, non pendant un voyage, mais au milieu d'un genre de vie habituel et semblable à celui que j'ai suivi dans les niveaux inférieurs. Il suffit d'avoir trouvé qu'à 1100^{m} d'élévation, l'homme maintient amplement le plein exercice de sa vie et sans qu'il ait besoin de se livrer à cette prétendue gymnastique respiratoire exagérée, pour être en droit de supposer qu'il en est encore de même à des altitudes plus grandes.

---

[1] P. Bert, loco cit. page 156.

A moins de preuves contraires, j'inclinerai plutôt à admettre que *l'homme peut vivre sans inconvénients à toutes les altitudes habitées, et aussi bien qu'au niveau de la mer.*

F.-A. Forel. Expér. sur la tempér. du corps humain dans l'acte de l'ascension sur les montagnes. 1871-1874, in Bulletin de la Société médicale de la Suisse romande.

Paul Bert. Recherches expérimentales sur l'influence que les modifications dans la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie. — Paris, 1874.

Jourdanet. Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme. — Paris, 1875.

Carl Speck. Untersuchungen über Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausscheidung des Menschen. (Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. X. 1871.

Eug. Berg. Ueber den Einfluss der Zahl und Tiefe der Athembeweg. auf die Ausscheid. der Kohlensäure durch die Lungen. — Dorpat. 1869.

Felix Hoppe. Ueber den Einfluss welchen der Wechsel des Luftdruckes auf das Blut ausübt. Im Archiv für anat. Physiol. und wissenschaft. Medizin, von Dr J. Müller, 1857.

Felix Hoppe. Beiträge zur Kenntniss des Blutes des Menschen und der Wirbelthiere, in medic.-chem. Untersuchungen. Berlin, 1866.

Hoppe-Seyler. Handbuch der Physiol. u. Patholog. Chem. Analyse. Vierte Auflage. Berlin, 1875.

Milne Edwards. Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparées.

NOTICE

SUR LES

BLOCS ERRATIQUES DE MONTHEY

(Valais)

devenus la propriété de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles,

PAR

E. RENEVIER, prof.

Pl. VII

Dans sa séance du 7 juillet 1875, la Société prit connaissance d'une lettre de M. J. Fayod, ingénieur, offrant au nom de sa mère Mme Fayod-de Charpentier, la propriété de deux blocs erratiques, donnés autrefois par le gouvernement valaisan à Jean de Charpentier.

La Société accepta avec empressement cette offre bienveillante, et me chargea de prendre les mesures nécessaires pour l'entrée en possession légale et régulière des dits blocs erratiques.

Après entente avec Mme et M. Fayod et tractation avec le gouvernement du Valais, nous avons passé l'acte ci-dessous, précédé de la copie du décret du Grand Conseil du Valais, en date du 18 janvier 1853 :

LE GRAND CONSEIL DU CANTON DU VALAIS

« Sur la proposition du Conseil d'Etat,

» Considérant que l'ouvrage intitulé *Essai sur les glaciers* établit avec lucidité et talent la théorie du déplacement des blocs erratiques de la Suisse par d'anciens glaciers ;

» Que l'auteur de cet ouvrage, M. Jean de Charpentier, directeur en chef des mines et salines du canton de Vaud, en découvrant une époque géologique, a fixé l'attention du monde savant sur les blocs erratiques disséminés dans le bassin supérieur du Rhône ;

» Voulant donner à ce géologue éminent un gage de la reconnaissance publique pour l'intérêt qu'il porte au Valais, et pour les services qu'il lui a rendus,

» DÉCRÈTE :

» ART. 1er. Cession est faite, à titre de don national, à M. Jean de Charpentier de deux blocs erratiques, situés rière le territoire de la commune de Monthey, avec le sol sur lequel ils sont assis et une lisière bornée à l'entour:

» Le premier connu sous le nom de *Pierre à Muguet,* au lieu dit les Rocheys, confrontant à Pierre-Joseph Bollut du midi, à Joseph Franc des autres côtés.

» Le deuxième dit la *Pierre à dzo,* au sommet de la forêt de Brex, enclavé dans la propriété de Véronique Bonjour, veuve de Frédéric Morisod, de Monthey.

» ART. 2. La veuve Morizod conserve le droit de récolter les fruits des arbres dans la lisière cédée.

» ART. 3. Ce don est fait sous la condition que les blocs qui en sont l'objet ne soient jamais déplacés, ni dénaturés.

» Donné en Grand Conseil, à Sion, le 18 janvier 1853.

» *Le président du Grand Conseil,*
» C.-L. DE BONS.

» *Les secrétaires :*
» RIBORDY.
» ALLET. »

DONATION

M. Jean de Charpentier, directeur des mines et salines de Bex, décédé aux Devens près Bex, en 1855, a laissé pour seule héritière sa fille unique M^{me} Ernestine-Wilhelmine Franciska, née de Charpentier, alors femme, maintenant veuve de M. Alexis Fayod, de Bex, demeurant à son domaine de Sallaz, commune d'Ollon.

M^{me} Fayod de Charpentier est ainsi propriétaire, par héritage, des deux blocs erratiques de granite, dont l'Etat du Valais avait fait don à son illustre père, par décret du Grand Conseil en date du 18 janvier 1853, ci-dessus textuellement transcrit.

Les blocs erratiques de granite, autrefois disséminés en grand nombre sur les deux rives du Rhône, devenant de plus en plus rares, à raison de l'exploitation industrielle dont ils sont l'objet, la fille de M. de Charpentier a désiré assurer, autant qu'il dépendait d'elle, la conservation des deux blocs remarquables, donnés à son père comme monuments et souvenirs d'une découverte importante pour la science géologique.

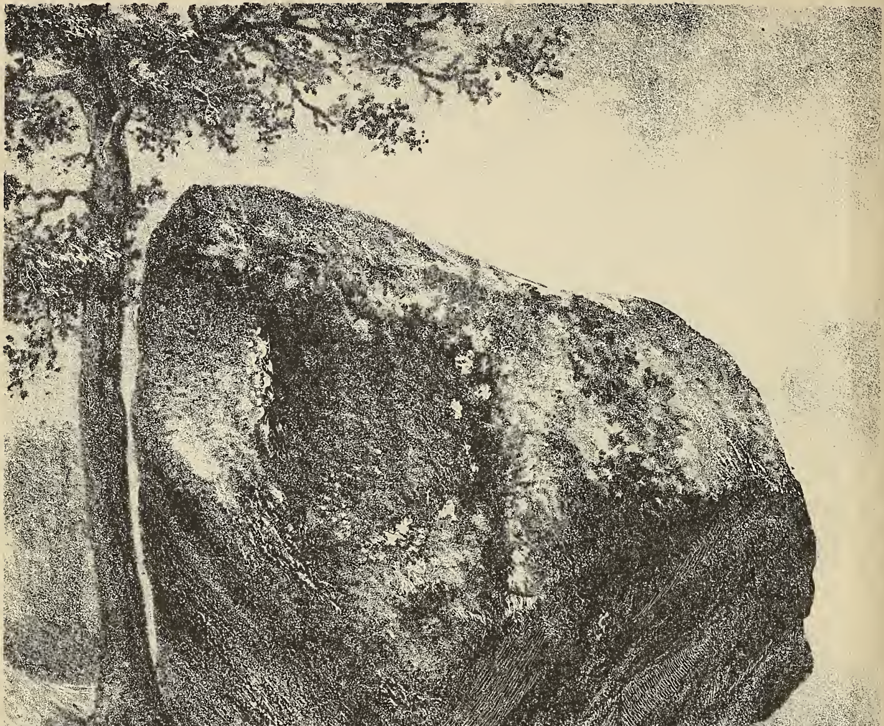
C'est dans ce but, et pour donner à une Société savante dont son père a été membre une preuve d'intérêt et de souvenir, que M^{me} Fayod-de Charpentier, d'accord avec son fils aîné et majeur M. Jean-François-Charles-Eugène Fayod, ingénieur, a décidé de transmettre à la Société vaudoise des sciences naturelles la propriété des deux blocs erratiques, qui lui appartiennent du chef de son père.

La Société vaudoise des sciences naturelles, informée de l'intention de M^{me} la veuve Fayod, a annoncé qu'elle accepterait avec empressement et reconnaissance la donation proposée, et qu'elle mettrait tous ses soins pour assurer la conservation des blocs de granite, envisagés par elle comme monuments consacrés au souvenir de M. Jean de Charpentier et de ses découvertes géologiques.

Le Conseil d'Etat du Valais, également informé et consulté sur la forme à donner à ce transport de propriété, a fait savoir, par lettre de son président en date du 24 juillet dernier, au président de la Société vaudoise des sciences naturelles, qu'il ne voyait aucun inconvénient à la cession projetée par M^me^ Fayod-de Charpentier; que, quant à la forme, il suffirait d'un acte sous seing privé, transcrit au bureau des hypothèques de Monthey, et qu'il avisait le conservateur des hypothèques de ce bureau, pour que la transcription eût lieu sans frais.

En conséquence, M^me^ Ernestine Fayod née de Charpentier, soussignée, avec l'assentiment de son fils, M. Jean Fayod ingénieur, également soussigné, cède, donne et transporte à titre gratuit et définitivement, à la Société vaudoise des sciences naturelles la propriété pleine et entière des deux blocs erratiques appelés la PIERRE A MUGUET et la PIERRE A DZO, existant sur le territoire de la commune de Monthey, avec le sol sur lequel chacun de ces blocs est assis, et une lisière de terrain à l'entour; dans les termes où le tout avait été donné à son père par décret du Grand Conseil du Valais en date du 18 janvier 1853, et sous la condition que ces blocs ne soient jamais déplacés ni dénaturés.

M. E. Renevier, professeur de géologie à l'Académie de Lausanne, président de la Société vaudoise des sciences naturelles, aussi soussigné, agissant au nom de cette Société, en vertu de la décision prise dans sa séance du 7 juillet 1875, a déclaré accepter avec reconnaissance la donation de M^me^ Fayod de Charpentier, dans les termes où elle est exprimée et avec la condition qui y est mise, promettant que la Société donataire vouera ses soins à la conservation des deux blocs remarquables, qui avaient été donnés à M. Jean de Charpentier et dont la propriété est maintenant transférée à la Société vaudoise des sciences naturelles.



E. Gilbault del.

Lith: Chappuis, Lausanne.

PIERRE À DZO

blocs erratiques de protogine de Monthey (Valais)

propriété de la

Société vaudoise des Sciences naturelles.

D'après une vue photographique.

Ainsi fait et signé en un seul acte original, à Sallaz, commune d'Ollon, le 25 août 1875.

Signatures : ERNESTINE FAYOD-DE CHARPENTIER.
JEAN FAYOD, ingénieur.
E. RENEVIER, professeur.

Présenté au bureau des hypothèques de Monthey, 5e arrondissement du Valais, et inscrit sous le n° 26,275, le 28 août 1875. — Sans frais.

Le conservateur, J. BIOLEY.

Entrée en possession de ces blocs erratiques, la Société y fit graver les inscriptions que nous transcrivons plus loin, et décida de tenir sa réunion annuelle de 1876 à Monthey, pour inaugurer sa nouvelle propriété. Cette réunion eut lieu en effet le 28 juin 1876 et, grâce au bon accueil de nos confédérés et voisins du Valais, elle fut pleine d'entrain et de charme, ce que ne fait pas suffisamment ressortir le procès-verbal de la séance, contenu dans le n° 77 de notre Bulletin (XIV, p. 674).

Quelques détails maintenant sur chacun des blocs et sur l'ancienne moraine dont ils font partie :

PIERRE A DZO

Ce premier groupe de blocs erratiques se trouve au N.-O. de Monthey, à un demi-kilomètre environ de la place centrale de cette petite ville, au-dessus des lacets de la route du Val d'Illiez, à une altitude d'environ 500 mètres et dans la partie supérieure de la moraine. Il n'est guère visible de la plaine, à cause de la verdure des châtaigniers qui l'entourent. On voit en revanche facilement de loin sa proche voisine, la *Pierre des Marmettes,* qui se trouve au milieu du vignoble, et supporte elle-même une petite vigne et une maisonnette.

Notre groupe se compose d'un énorme bloc, en grande partie enterré, sur le bord duquel repose un autre bloc très considérable, dans une position d'équilibre instable en apparence, mais calé par plusieurs petits blocs de divers côtés. Notre dessin (pl. VII) rend très bien compte de cette position en surplomb, incompatible avec le charriage par les eaux, tandis que le dessin donné par de Charpentier (Essai sur les glaciers, pl. nº 2) pris d'un autre côté, montre mieux les petits blocs intermédiaires servant de cales. Le nom même de ce groupe fait allusion à cette position en apparence peu solide ; le terme patois *à dzo* ayant à peu près le sens de *en équilibre,* ou pour employer un provincialisme très usité chez nous *aguillé.*

Voici ce que dit de Charpentier sur ces blocs (Essai, p. 141) :

« Un très gros bloc, appelé la *Pierre à dzo,* d'une forme irrégulière, polyédrique, est perché sur un autre ; mais il n'y est retenu que par un troisième bloc fort petit et fendu verticalement par la chute du premier ; sans cet appui il se précipiterait sur le bourg de Monthey. Il est absolument impossible qu'un choc horizontal ait produit de pareils accidents.

» La *Pierre des Marmettes,* au-dessus de Monthey, a 63 pieds de longueur, 32 de largeur et 30 de hauteur. Son volume est donc de 60,480 pieds cubes. C'est un bloc de granite de la vallée de Ferret. Il y a encore dans la même localité quelques blocs de 20 à 50 mille pieds cubes. Tous ces blocs viennent de la vallée de Ferret et ont dû faire au moins 11 lieues de chemin (Essai, p. 126). »

Les blocs de la *Pierre à dzo,* comme la *Pierre des Marmettes* et la grande majorité de ceux qui forment la moraine de Monthey, sont composés de *protogine* (granite à mica vert, magnésien, du Mont-Blanc), pierre bien connue chez nous par son emploi industriel de plus en plus fréquent, à Lausanne, Genève, etc. Comme on vient de le lire, de Charpentier les faisait provenir du Val Ferret, vallée située directement au sud, dans le prolongement de cette partie de la vallée du Rhône. Il entendait évidemment par là les sommets septentrionaux du massif du Mont-Blanc, tels que Pointe d'Orny, Aiguille du Tour, etc. Envisagée ainsi, à un point de vue un peu général, cette provenance ne peut guère laisser de doutes.

Sur la face nord du bloc supérieur nous avons fait graver en grands caractères l'inscription suivante :

A J. DE CHARPENTIER
DON NATIONAL 1853
TRANSFÉRÉ A LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES
1875
PIERRE A DZO

PIERRE A MUGUET

Ce second groupe de blocs erratiques est situé à un demi-kilomètre au nord du précédent, à la limite supérieure de la moraine, droit au-dessus du hameau septentrional de Monthey, dit En Place. Il est composé comme le précédent, de blocs de protogine de très grande dimension ; mais ceux-ci au lieu d'être superposés, sont plutôt juxtaposés, de manière que les deux blocs principaux laissent entre eux une sorte de voûte ou de passage couvert. Le plafond de ce passage est formé par une saillie du bloc septentrional, qui vient s'appuyer sur le bloc méridional. Ces bancs supérieurs sont tout à fait schisteux, tandis que la base du même bloc est de la protogine massive, et entre les deux le passage est presque insensible.

Voici ce qu'en dit de Charpentier (Essai, p. 140) :

« Un énorme bloc de 65 pieds de longueur est connu dans la contrée sous le nom de *Pierre à Mourguets;* en tombant il a donné du coin sur un autre gros fragment, de manière qu'il s'est fendu horizontalement dans toute sa partie supérieure. Une portion de l'angle est entièrement détachée, et les éclats se trouvent encore accumulés sur le bloc qui a reçu le coup. »

Actuellement on ne peut plus voir ces éclats séparés, mais on monte facilement sur les deux blocs, dont le dos forme une petite esplanade couverte de terre, une sorte de petit jardin sauvage, intéressant aussi comme point de vue. Le dessin nº 4 de l'*Essai sur les glaciers* donne une idée générale de ce groupe, mais les détails sont passablement fautifs; la voûte est bien plus étroite en réalité, les blocs sont entourés de grands châtaigniers, et sont encore plus grandioses que sur le dessin. Nous en avions fait prendre une vue photographique, en même temps que celle de la *Pierre à dzo* qui a servi de base à notre gravure, mais cela n'a donné aucun bon résultat à cause de la difficulté de trouver un emplacement convenable pour l'instrument.

Quant au nom, de Charpentier l'a écrit un peu autrement qu'il n'existe dans le décret du Grand Conseil; mais il ne peut y avoir de doute sur l'identité de ce groupe de blocs, soit à cause de sa forme caractéristique, soit à cause des inscriptions qu'on y avait déjà gravées.

Sur la face Ouest du bloc méridional se trouve l'inscription latine suivante :

REIPUBLICÆ VALESIÆ
DONUM 1853

Sur la face Est du même bloc, de Charpentier avait fait graver le nom de son ami :

VENETZ
1829

Vis-à-vis, sur la face Sud-est du bloc septentrional, on lit :

CHARPENTIER
1834

Nous avons fait ajouter entre les deux, au-dessus de l'entrée de la voûte :

PERRAUDIN
1815

en souvenir de ce modeste observateur, chasseur de chamois de la vallée de Bagne, qui, le premier, a eu l'idée d'une ancienne extension plus grande des glaciers de sa vallée.

Enfin nous avons fait graver un peu plus bas une inscription commémorative analogue à celle du premier groupe :

A J. DE CHARPENTIER
DON NATIONAL 1853
TRANSFÉRÉ A LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES
1875
PIERRE A MUGUET

MORAINE DE MONTHEY

Cette énorme accumulation de blocs erratiques de diverses dimensions borde la vallée du Rhône sur une longueur d'environ trois kilomètres, depuis Monthey, au sud, jusqu'au bord des rocs qui dominent Muraz, au nord. Au-delà de ces limites on trouve bien encore des blocs, mais l'accumulation est moins considérable et la moraine est moins bien caractérisée.

On doit sans doute la conservation de ce beau témoin de nos anciens glaciers, à la configuration de la contrée, et spécialement aux monts de Chöuex qui, formant comme un promontoire dans la vallée, ont dû protéger, de destruction postérieure, la moraine de Monthey située, pour ainsi dire, au fond d'une anse.

C'est par centaines qu'on y compte les gigantesques blocs de protogine, provenant de l'extrémité nord du massif du Mont-Blanc. Quelques-uns des plus remarquables ont été décrits et figurés par de Charpentier dans son *Essai sur les glaciers.* N° 1 Pierre des Marmettes, n° 2 Pierre à dzo, n° 3 Pierre du four, n° 4 Pierre à Muguet, n° 5 Pierre à Milan. Et combien d'autres qui disparaissent graduellement sous le marteau des graniteurs. C'est encore à cette même moraine qu'appartiennent les blocs donnés en 1869 à la Société helvétique des sciences naturelles, par M. Breganti, avec l'intermédiaire de M. le Dr A. Beck. (Voir *Acta* de Frauenfeld 1871, p. 93.) Ceux-ci sont situés passablement plus au nord que les nôtres, entre Colombey et Muraz, sur le rocher de la Barmaz, tout à fait à l'extrémité septentrionale de la moraine.

Voici quelques extraits de l'*Essai sur les glaciers*, relatifs à cette moraine :

« L'un des faits les plus surprenants du terrain erratique est sans contredit l'accumulation ou la réunion d'un nombre considérable de blocs, tous de la même espèce de roche... Le dépôt de ce genre le plus remarquable que je connaisse, se trouve à 400 pieds au-dessus du Rhône, sur le flanc d'une montagne calcaire (Lias) près de Monthey dans le Bas-Valais. C'est une bande de gros blocs, qui a de 300 à 800 pieds de largeur, et trois quarts de lieue de longueur. Elle commence à dix minutes au-dessus de ce bourg, et s'étend horizontalement sur la pente de la montagne jusqu'aux précipices du Sex de Balme de Colombey. Elle est entièrement formée de blocs de granite, à gros cristaux de feldspath, venant tous de la haute chaîne de montagnes qui borde la vallée de Ferret du côté Nord-Nord-Ouest et qui n'est autre chose que la continuation orientale de la chaîne du Mont-Blanc. Par conséquent ces débris se trouvent à 11 lieues au moins des montagnes d'où ils ont été détachés, » (p. 139).

La plupart de ces blocs ont les surfaces, les arêtes et les angles bien conservés (p. 123).

« Je ne crois pas commettre une exagération en comptant la bande des blocs erratiques de Monthey parmi les objets les plus curieux, les plus remarquables et les plus instructifs que l'on puisse trouver dans les Alpes. Ces blocs jetant beaucoup de jour sur la cause probable du transport des débris erratiques, nous invitons les géologues qui visitent la Suisse occidentale à aller voir ce dépôt vraiment extraordinaire » (p. 141).

Relativement au substratum de la moraine, de Charpentier avait commis une erreur en l'attribuant au Lias. Aux environs de la Pierre à Muguet on voit facilement le roc en place. C'est un calcaire blanc, évidemment Urgonien, qui est usé par le glacier et forme, sur divers points, un véritable *lapié* (Karrenfeld) analogue à ceux que j'ai souvent observés sur le bord antérieur de nos glaciers, par exemple en avant du glacier de Sanfleuron[1]. A l'endroit même je n'ai trouvé que des traces de fossiles, mais je possède des *Requienia ammonia* provenant de Muraz, qui est à une faible distance au nord.

Ces mêmes calcaires blancs Urgoniens jouent un rôle considérable dans le Val d'Illiez, aux environs de Champéry, où ils forment le haut des escarpements de la Viège. Les calcaires blancs de Pierre à Muguet et de Muraz seraient la prolongation naturelle de ceux de Champéry.

Entre la Pierre à dzo et la Pierre des Marmettes, encore dans la forêt de châtaigniers, on voit affleurer des roches schistoïdes de couleur foncée, qui, si elles sont bien en place, pourraient appartenir à leur tour au néocomien proprement dit, qui occupe le cours de la Viège, en dessous du calcaire blanc de Champéry.

Charpentier dit que la moraine de Monthey est entièrement formée de blocs de granite (protogine). Cela est vrai des blocs de grande dimension, mais parmi les fragments plus petits j'ai observé un certain nombre d'autres roches cristallines, gneiss, micachistes, etc., entre-mêlées dans la moraine.

---

[1] Notices géol. et pal. sur les Alpes vaudoises. II. Oldenhorn, p. 73 (Bull. Soc. vaud. Sc. nat. VIII, p. 285).

Du temps de Charpentier on ne mettait pas en doute l'origine primitive ou pyrogène du granite du Mont-Blanc. Il n'en est plus ainsi maintenant et beaucoup d'auteurs considèrent la protogine comme une roche d'origine sédimentaire, devenue cristalline par métamorphisme. A ce point de vue la moraine de Monthey peut fournir bien des documents intéressants. J'ai déjà signalé, dans la Pierre à Muguet, le passage insensible de la protogine massive à la protogine schisteuse, devenant un vrai schiste cristallin. Dans l'intérieur même des blocs tout à fait massifs on remarque fréquemment des délits, nettement accusés par de minces feuillets intercalés, d'une substance verte, tendre, analogue à du talc ou de la serpentine. On y voit aussi des espèces de veines, d'un grain plus fin, ou plus grossier, que la masse générale, qui sembleraient provenir d'un changement de sédimentation par l'apport momentané de matériaux plus fins ou plus grossiers. Enfin parmi les innombrables inclusions de rognons verts, plus ou moins foncés, que l'on observe dans cette protogine, et qui attirent surtout les regards lorsqu'elle est taillée, dans nos balcons, piliers, escaliers, etc., il s'en trouve dont le pourtour arrondi est si net, qu'on dirait absolument des cailloux roulés, inclus dans une roche arénacée à grains plus fins.

En somme je serais très porté à croire, comme beaucoup de mes collègues, que la protogine n'est qu'un grès métamorphique.

Voilà donc un autre point de vue, auquel de Charpentier ne songeait pas, et qui double encore l'intérêt de cette moraine de Monthey, déjà si importante comme témoin de l'ancienne extension des glaciers.

REMARQUES

SUR LA

COLORATION DES HYDRES

à propos de quelques hydres vertes accidentellement teintes en rose,

par le Dr du Plessis, professeur.

Linné déjà inscrivait dans son *Systema naturæ* trois espèces d'Hydres d'eau douce, désignées par des noms tirés de leur couleur. Ces espèces étaient l'Hydre verte *(Hydra viridis),* l'Hydre grise *(Hydra grisea)* et l'Hydre brune (*Hydra fusca*). D'autres auteurs, qui vinrent après lui, ou en même temps que lui, admirent ces espèces en leur donnant parfois d'autres noms ; quelques-uns ajoutèrent de nouvelles espèces pour désigner de nouvelles couleurs. On cite par exemple l'Hydre orangée *(Hydra aurantiaca)*, l'Hydre pâle (*Hydra pallens*). Des auteurs plus récents découvrirent dans les lacs d'Europe et d'Amérique des Hydres roses (*Hydra carnea*) et rouges (*Hydra rubra*).

Tous ces noms d'espèce, tirés de la couleur dominante, devaient faire supposer au moins que cette nuance était un caractère constant, permanent ou régulier. Or l'observation semble montrer qu'il n'en est pas ainsi et sauf pour l'Hydre verte, on est assez d'accord jusqu'ici pour reconnaître que rien n'est plus variable que la teinte des Hydres. L'Hydre grise de Linné peut passer par tous les tons du blanc-grisâtre pâle jusqu'au noir. Elle peut encore passer du gris au jaune pâle et aller à l'orangé le plus vif. Elle va du gris au lilas, au rose clair et au rouge de sang. Ce sont toutes ces métamorphoses qui ont donné lieu à la fabrication d'espèces purement nominales, telles que l'Hydre pâle, orangée rose ou rouge.

L'Hydre brune de Linné ne se comporte pas autrement. Sa teinte ordinaire est couleur sépia, ou bistre plus ou moins foncé. Or cette nuance s'éclaircit jusqu'au jaune-pâle. Elle se mêle de rouge et devient alors couleur tuile. D'autres fois elle passe au gris, au lilas, au rosé, au rouge.

Une seule espèce au milieu de cette variabilité si générale garde ordinairement avec une véritable constance sa nuance primitive. Nous l'avons déjà dit ci-dessus, cette espèce est l'Hydre verte. Partout où elle se rencontre (et c'est justement la forme la plus commune), elle se montre toujours d'un beau vert pré, dû à des grains de chlorophylle qui remplissent les cellules du feuillet cutané interne (entoderme) lequel tapisse l'intérieur de son estomac.

Or il faut savoir que la couleur de toutes les Hydres susmentionnées dépend *uniquement* de ce feuillet interne. Il est composé d'une simple couche de cellules nues, sans membrane d'enveloppe (ce qu'on nomme des *cytodes*). Elles portent de longues soies vibratiles et incorporent *directement* dans leur *sarcode* ou *protoplasma* les particules des animaux avalés qui sont dans l'estomac. Ces particules digérées forment des gouttelettes ou des poudres colorées d'où dépend la nuance du feuillet interne et par suite celle de l'animal entier.

En effet le feuillet externe (ou exoderme) étant composé de grandes cellules translucides, laisse parfaitement voir par transparence la teinte du feuillet interne qui lui sert de doublure. C'est celui-là seul qui est coloré et sa couleur dépend du régime. Les Hydres qui avalent de préférence des Infusoires verts (comme les Stentors verts, les Volvox et beaucoup d'autres espèces abondantes dans les étangs), des larves d'insectes, des crustacés, deviennent donc vertes par suite de leurs repas, et c'est justement toujours le cas pour l'Hydre verte, qui habitant de préférence des marais et prairies inondées, y rencontre abondamment tous ces animalcules verts qu'elle mange plus volontiers.

L'objet de notre petite communication est cependant justement de prouver que cette espèce si constamment verte, ne garde pas mieux que les précédentes sa couleur favorite quand elle est placée dans des circonstances qui lui imposent forcément un régime où il n'entre pas de chlorophylle.

Un tel cas se présente sans doute *fort rarement* puisque nous le rencontrons aujourd'hui pour la première fois, après avoir depuis plusieurs années examiné des milliers d'Hydres vertes, dans les localités les plus diverses du canton. Cette rareté d'un changement de couleur est pourtant bien facile à concevoir si l'on réfléchit que dans les marais et prés inondés les organismes microscopiques colorés en tout ou partie par de la *chlorophylle* sont toujours en grande majorité, tandis qu'au contraire dans le fond des lacs où il n'y a pas de plantes on ne trouve plus d'organismes verts mais bien des animalcules (crustacés, vers, insectes) roses ou gris. C'est pourquoi aussi on ne rencontre *jamais* l'Hydre *verte* dans le fond de nos grands lacs, ni même sur leurs bords, à moins que ceux-ci ne soient marécageux. Par contre les Hydres *grises, roses* et *rouges* y sont très communes.

Or nous avons dans notre voisinage, au bois de Valleyres, près d'Orbe, une succession de collines plantées de chênes et séparées par des replis de terrain. Ces fonds de vallée, entourés de grands arbres, se transforment en hiver et après les pluies d'été en petits étangs remplis de feuilles pourries et tantôt pleins, tantôt secs, selon les vicissitudes de la saison. Ils ne contiennent jamais de plantes vertes, mais seulement du terreau et des feuilles tombées de l'automne et de l'hiver. Dans cette eau fourmillent des larves de Diptères *rouges* ou *roses* (comme dans le fond de nos lacs). Il y a beaucoup de petits crustacés et de vers de *même couleur.* Or sur les feuilles sèches qui pourrissent lentement dans l'eau, on trouve beaucoup d'Hydres ayant exactement la taille, les proportions et les formes de l'Hydre verte, ayant le même nombre de tentacules, de même forme et longueur, lui ressemblant entièrement par toute l'organisation, *sauf la couleur,* qui est ici toujours d'un rose tendre plus ou moins foncé, pouvant aller dans *certains individus jusqu'au rouge de sang*. On trouve en même temps dans l'estomac de ces Hydres, les cadavres à moitié fondus de ces larves, vers et crustacés rouges qui peuplent l'eau où l'Hydre vit. Voici donc la nature prise sur le fait. Nous avons ici des Hydres vertes qui se sont transformées en Hydres roses (*Hydra carnea*) et rouges (*Hydra rubra*) par la seule influence d'un régime privé de *chlorophylle* et composé principalement d'animaux plus ou moins rosés. Qu'est-ce que cela prouve ?

Cela prouve, selon nous, que tous les noms d'espèce fondés uniquement sur la teinte dominante n'ont pour les Hydres qu'une valeur absolument relative et que la distinction spécifique doit plutôt reposer ici sur des caractères tirés de la taille, des proportions et de la forme du corps, ainsi que du nombre, de la disposition et de la longueur des tentacules, si tant est toutefois que *même à l'aide de ces caractères*, on puisse distinguer plusieurs espèces parmi les Hydres d'eau douce.

Nous croyons bien plutôt que toutes les espèces admises jusqu'ici se ressemblent tellement par tous les traits de l'organisation externe et interne, macro et microscopique, et sont liées par un si grand nombre de transitions insensibles, qu'on pourrait bien facilement et avec avantage, selon nous, les réunir sous un seul nom spécifique et n'indiquer ces formes légèrement modifiées que comme des variétés locales ou des races.

* * *

Etat du Musée géologique de Lausanne en 1876.

Extraits[1] du rapport adressé à la Commission des Musées,
par le conservateur

E. RENEVIER, professeur.

Je voudrais pouvoir annoncer que le musée géologique est maintenant complètement organisé, et prêt à être ouvert au public. Malheureusement il n'en est pas encore ainsi, quoique de grands progrès aient été accomplis pendant l'exercice écoulé. J'ai consacré beaucoup de temps au Musée en 1876, MM. De la Harpe et Goll, conservateurs adjoints, m'ont bien secondé, mais il semble que plus on avance, plus la besogne augmente.

. . . .

Quant aux collections elles-mêmes, voici les progrès accomplis dans leur arrangement :

I. Géologie générale (1re salle du 1er étage).

1° *Collection systématique de Roches.* — Installation et classement achevés, dans la 2e vitrine construite *ad hoc*.

2° *Collection stratigraphique générale.* — Mieux installée, grâce à la vitrine ajoutée, mais non encore complétée, ce qui ne pourra se faire que par un triage long et minutieux, combiné avec la détermination des fossiles.

3° *Particularités morphologiques.* — Collection créée cette année, composée d'objets divers qui ne cadraient pas dans les autres collections exposées, et installée dans une petite vitrine spéciale.

---

[1] Les parties purement administratives du rapport ont été supprimées.

4° Les parois vacantes de cette salle et de la suivante, ont été ornées d'un bon nombre de *Cartes géologiques, Photographies, Portraits* de divers géologues célèbres, etc.; autant de choses devant concourir à l'enseignement intuitif.

II. Géologie régionale (2e salle du 1er étage).

1° *Collection stratigraphique du Jura* formée par la réunion de *la collection Campiche* avec trois autres collections existantes et installée dans la grande vitrine à tiroirs qui lui était destinée.

2° *Collection stratigraphique de la Plaine.* — Organisée et exposée en grande partie, par les soins de M. Ph. De la Harpe, dans les 2 grandes vitrines médianes.

3° *Ossements quaternaires vaudois.* — Collection organisée et exposée par M. De la Harpe dans une vitrine neuve et comprenant entre autres les *Ossements de Concise* provenant du Musée archéologique.

III. Paléontologie (1re salle du 2e étage).

1° Tous nos grands fac-similés en gypse, pour la plupart encore blancs et se salissant à la poussière, ont été *peints* ou simplement *huilés*, de façon à les conserver, puis munis de *supports* indispensables et installés au-dessus des armoires.

2° Les grandes pièces de cette salle ont toutes été munies de *grandes étiquettes*, dont la couleur désigne l'âge géologique des fossiles.

3° Pour rendre une partie du Musée accessible pendant le Tir fédéral, j'ai organisé une exposition provisoire de *Mollusques fossiles*, dans une vitrine ayant une autre destination. La nouvelle vitrine installée dès lors dans cette salle donnera lieu à un remaniement dont je n'ai pas encore pu m'occuper.

4° Comme dans les salles du 1er étage, divers *Dessins, Lithographies* et *Photographies*, complétant les collections, ont trouvé place, soit contre les murs nus, soit dans l'intérieur des vitrines.

IV. Minéralogie (2^e salle du 2^e étage). — M. Goll a complété l'installation générale provisoire, et nous avons commencé ensemble le travail indispensable de classement et de triage, prélude de l'arrangement définitif. Cette opération n'avait jamais eu lieu dans l'ancien Musée, ce n'est donc plus seulement un résultat du déménagement, mais du travail neuf.

Vu l'obligation de consacrer la majeure partie de nos ressources à l'arrangement matériel, les **achats** ont été peu importants pendant l'année. Plusieurs ne sont que la continuation d'abonnements ou de séries commencées, d'autres résultent d'occasions qu'il eût été fâcheux de laisser passer. En voici la liste :

1° Mém. Société paléontologique suisse, vol. II.

2° Sept livraisons de la Paléontologie française.

3° Traité de Paléontologie de Pictet, 2^e éd. (4 vol. et Atlas).

4° Portrait lithographié de F.-J. Pictet.

5° Roches du tunnel du St-Gothard (4^e envoi).

6° Fossiles des Alpes vaudoises (séries d'env. 400 échant.).

7° Fossiles du Lias de la Verpillière, près Lyon (achetés sur place).

En revanche j'ai pu accroître nos collections par plusieurs **échanges** avantageux ; j'ai obtenu ainsi :

1° Du *Musée de Genève* une trentaine de moulages de vertèbres fossiles, dont plusieurs de grande taille, plus quelques pièces originales du Liban et du Brésil.

2° Du *Musée de Neuchâtel* une dizaine de fossiles remarquables du Calc. lithographique de Bavière et une trentaine de fac-similés d'Echinodermes.

3° Du *Musée de Fribourg,* moulage d'un grand cétacé fossile de la molasse de Vaulruz.

4° De la *Faculté des sciences de Lyon,* quelques fossiles et fac-similés intéressants.

Comme l'on pouvait s'y attendre, à mesure que notre Musée géologique a pris plus de vie, les **dons** se sont multipliés dans la même proportion. En voici la liste complète par catégories :

a) Livres et *cartes :*

MM. *G. Hinrichs,* de Iowa. — Notice sur le grand météore d'Iowa (Amérique).

G. Leresche, préparateur. — Bulletin Soc. vaud. sciences naturelles (série incomplète).

Soc. vaud. sciences nat. — Complément (partiel) de la dite série.

E. Renevier, prof. — Son tableau des terrains sédimentaires.

Id. — Sa carte géologique des Alpes vaudoises au $^1/_{50000}$

Id. — Sa carte géologique de la Perte du Rhône au $^1/_{20 \cdot 000}$.

Id. — Carte géologique des Environs de Paris, de Ed. Colomb.

Id. — Carte géologique de Ste-Croix, de Campiche et Tribolet.

Id. — Carte géologique du district d'Aigle, de Lardy (manuscrite).

Id. — Plusieurs autres cartes géologiques.

Dr *Ph. De la Harpe.* — Carte géologique d'Europe de Dechen.

b) Dessins, Photographies et *Lithographies :*

MM. *H. Jaccard.* — Dizaine de dessins de Blocs erratiques du Jura.

Dr *Phil. De la Harpe.* — Portraits lithographiés de Charpentier, de Buch Thurmann et K. Mayer.

E. Renevier, prof. — Id. de Lardy, Lyell, Kurr.

Id. — Photographies de divers points géologiques intéressants (Vésuve, ruines de Puzzoli, Euseigne, etc.).

Musée royal belge. — Photographie du squelette de Mammouth restauré à Bruxelles.

MM. Dr *Lortet, à Lyon.* — Lithographie du squelette d'Eléphant fossile du Musée de Lyon.

E. Renevier, prof. — Id. du crâne de Dinoceras d'Amérique.

c) *Minéraux* et *Roches:*

MM. *J. Lochmann* père. — Collection d'env. 350 minéraux et 250 Roches.

Dr *Lebert.* Résine fossile du Liban (Libanite).

L. Kuffre, de Lima. — Cinquantaine de Minéraux du Pérou.

E. Renevier, prof. — Minéraux vaudois, etc. (environ 200 échantillons).

Id. — Cinquantaine de Roches caractéristiques.

Mme *Malherbe.* — Caisse d'échantillons de Blocs erratiques avec notes de feu M. Malherbe de Bonvillars.

d) *Fossiles.*

MM. *J. Lochmann* père. — Collection d'env. 570 fossiles du Jura bâlois, etc.

C. Nussbaum. — Grande plaque de molasse rouge avec empreinte végétale.

F.-A. Forel, prof. — Série d'env. 500 ossements des gîtes lacustres de Morges, etc.

Id. — Soixantaine d'ossements quaternaires de France.

Remp, conducteur de travaux S. O. — Vingtaine d'ossements id. de la gravière de St-Prex.

L. Mari, de Lugano. — Dizaine de fossiles pliocènes du Tessin.

Dr *Lebert.* — Belle Fougère carbonifère d'Arbignon (Valais).

H. Vanner. — Quelques coquilles fossiles de Rivaz.

MM. D^r *Phil. De la Harpe.* — Divers fossiles des Alpes vaudoises.

Id. — Sa récolte de l'été aux environs de Louèche.

Id. — Trentaine de fossiles du Gault d'Angleterre.

Id. — Quelques dents de poissons de la Molasse.

Id. — Belle ammonite du Lias de la Verpillière.

E. Renevier, professeur. — Fossiles nummulitiques de Schwytz (env. 260).

Id. — Env. 500 Invertébrés fossiles pour coll. paléontologique.

Id. — Vingtaine de grandes pièces de la Perte du Rhône, etc.

Id. — Sa récolte de l'été dans les Alpes vaudoises.

Id. — Sa récolte dans une course à la Verpillière près Lyon.

Id. — Sa récolte dans une course à la Perte du Rhône.

J'ajoute que M. H. Chatelanat a eu la complaisance de confectionner des supports pour plusieurs fossiles.

Enfin je dois mentionner la *Série d'ossements du gîte lacustre de Concise*, précédemment conservée au Musée archéologique et qui, avec l'autorisation du Département, a été transférée au Musée géologique.

Quoique notre nouveau Musée ne soit pas encore tout à fait en état d'être ouvert au public, il n'en a pas moins rendu de bons services pendant l'année écoulée.

1° Soit sous ma conduite, soit isolément par permission spéciale, les étudiants de l'Académie y sont venus fréquemment. Plus le travail de classification avancera, plus ce genre d'utilité s'accroîtra, et le Musée deviendra ainsi par la suite un complément important de l'enseignement théorique.

2° Plusieurs naturalistes en passage ont également visité nos collections, guidés par moi-même ou l'un de mes deux adjoints, ou encore en notre absence par le préparateur.

3° A plusieurs reprises on nous a envoyé des objets pour les déterminer. J'ai été bien aise de rendre ce service, entre autres, au Musée de Montreux.

4° Mais ce que je considère comme l'un des principaux buts d'un Musée semblable au nôtre, c'est de fournir des matériaux aux travaux scientifiques de divers savants. Ceux-ci renvoient les échantillons bien déterminés, parfois même décrits et figurés; ces derniers à titre d'*exemplaires originaux*, qui devront être consultés pour les études subséquentes, acquerront beaucoup de valeur et en donnent aux collections. Nous avons déjà un bon nombre de ces *types*, décrits par MM. Pictet, Heer, Desor, Cotteau, de Loriol, Kowalevsky, etc., mais combien d'autres mériteraient la même étude. A cet égard notre Musée n'a pas été sans utilité cette année, car j'ai eu une demi-douzaine de semblables communications à faire :

à MM. :

Osw. Heer, prof., à Zurich. — Plantes fossiles des Alpes.
K. Mayer, prof., id. — Fossiles nummulitiques de Schwytz.
A. Heim, prof., id. — Roches à particularités morphologiques.
M. de Tribolet, à Neuchâtel. — Crustacés fossiles du Jura.
P. de Loriol, à Genève. — Oursins fossiles de la Suisse.
Id. id. — Crinoïdes fossiles id.
E. Favre, id. — Quelques Ammonites jurassiques des Alpes.

Comme les autres Musées suisses nous jouissions jusqu'à l'année passée de *l'entrée en franchise*. Ce droit a été aboli par le Conseil fédéral pour les objets d'histoire naturelle, et conservé seulement pour les objets artistiques. Il y a là une inégalité choquante, contre laquelle j'ai réclamé à Berne, mais en vain! Une révision des tarifs douaniers étant en préparation, j'ai prié le Département de réclamer la réintégration de cette franchise, assurément bien légitime; et pour que la demande arrive au Conseil fédéral de plus d'un côté, j'ai fait, au nom de la Société vaudoise des sciences naturelles, qui a bien voulu m'appuyer, une démarche semblable auprès du Comité central de la Société helvétique des sciences naturelles à Bâle. Je recommande cet objet à la sollicitude des autorités vaudoises . . . .

Lausanne, le 6 février 1877.

* * *

CONTRIBUTIONS

A L'ÉTUDE DE LA

LIMNIMÉTRIE DU LAC LÉMAN

par le Dr F.-A. FOREL
professeur à l'Académie de Lausanne.

IIme SÉRIE [1]

§ VI. — Des dénivellations du lac.

Au paragraphe III de ces études, j'ai appelé *dénivellation* toute altération de l'horizontalité de la nappe du lac. Quand, par une raison ou par une autre, le niveau n'est plus horizontal, quand l'eau est plus élevée dans une station que dans une autre, il y a dénivellation.

Ces dénivellations sont les unes constantes, les autres temporaires.

Les *dénivellations constantes* sont celles qui existent toujours, sans interruption, ou bien celles qui ont lieu si souvent, si fréquemment qu'elles caractérisent l'état normal et se retrouvent dans les moyennes d'observations.

Nous aurons à distinguer les *dénivellations constantes à causes statiques* et les *dénivellations constantes à causes dynamiques.*

Les *dénivellations temporaires* durent peu, et changeant fréquemment de sens et de direction, elles sont sans influence sur l'horizontalité normale du lac; leur effet, très fort peut-être dans une observation isolée, disparaît si l'on s'adresse pour les moyennes de hauteur à un nombre suffisant d'observations.

---

[1] Voir pour la 1re série, Bull. XIV, 589 à 652.

Nous aurons à distinguer les *dénivellations temporaires à causes astronomiques* et les *dénivellations temporaires à causes atmosphériques.*

§ VII. — Des dénivellations constantes.

Les dénivellations du lac qui existent assez normalement pour être dites constantes peuvent avoir deux causes d'ordres très différents.

Les unes proviennent d'actions attractives, agissant constamment étant données la forme et la densité des côtes, agissant différemment sur les différentes rives étant données les irrégularités du relief. Nous les appellerons *dénivellations constantes à causes statiques*, ou pour abréger *dénivellations statiques.*

Les autres proviennent d'actions mécaniques, vents, courants, marées, agissant sur le niveau de l'eau plus ou moins constamment et dans la même direction. Nous les appellerons *dénivellations constantes à causes dynamiques,* ou pour abréger *dénivellations dynamiques.*

§ VIII. — Des dénivellations constantes à causes statiques.

Si la terre était immobile et isolée dans l'espace, si encore elle était absolument homogène et égale, sa forme[1] serait une sphère absolue, le centre de gravité étant au centre de figure de la sphère.

---

[1] La forme idéale de la terre serait figurée par la surface de la masse liquide de l'océan si celui-ci recouvrait tout le globe. Comme l'océan est interrompu par les continents, il faut supposer que ceux-ci seraient parcourus par un réseau de canaux en libre communication avec l'océan; la surface de cette nappe liquide représente la figure idéale de la terre.

Mais la terre est soumise à l'attraction des astres, de là les marées de l'océan. Laissons, pour le moment, de côté cet ordre de dénivellation sur lesquelles nous aurons à revenir dans un autre paragraphe.

Mais la terre est en rotation sur l'axe de ses pôles et la force centrifuge transforme la sphère de la terre en un sphéroïde de révolution.

La forme de ce sphéroïde est déterminée par l'action de deux forces opposées, la force centrifuge et l'attraction de la masse de la terre; la surface idéale de la terre est en chaque point normale à la résultante de ces deux forces.

Or si la force centrifuge va régulièrement en progressant du pôle à l'équateur, l'attraction de la masse de la terre n'est pas partout égale et régulière; la résultante des forces attractives qui agissent sur les différents points de la surface est loin de passer toujours au centre de figure de la terre. C'est ce fait que l'on exprime en disant que le fil à plomb est dévié en certaines localités.

L'attraction variant en raison directe des masses et inverse du carré des distances, il en résulte que les masses les plus rapprochées d'un point de la surface auront la plus grande influence sur ce point. Or ces masses peuvent varier considérablement et cela de la manière suivante:

a) La surface de la terre étant supposée égale et aplanie, il peut y avoir variation dans la densité des couches de la terre; depuis la densité des filons métalliques jusqu'à celles des lignites et des tourbes, il y a des différences énormes. A la limite de deux formations différentes, il est évident que le fil à plomb sera dévié dans le sens de la couche la plus dense.

b) Le cas le plus fréquent où se rencontre normalement cette différence dans la densité des masses est celui de la côte d'une mer ou d'un lac; d'un côté est la terre ferme avec ses roches denses et pesantes, densité moyenne 2,6; de l'autre, l'eau douce ou salée, densité 1,0 et 1,026. Il est évident que dans ce cas la déviation du fil à plomb sera d'autant plus considérable que le talus sous-marin ou sous-lacustre sera plus incliné, et que la profondeur de l'eau sera plus importante.

c) Les inégalités de relief de la terre ferme sont une cause plus puissante encore de déviation du fil à plomb, la différence de densité entre la roche et l'air atmosphérique étant encore plus grande qu'avec l'eau. Une montagne qui s'élève au milieu d'une plaine attire le fil à plomb tout autour de sa base; une vallée qui sillonne un plateau agit en sens inverse sur les flancs de son ravin.

Il résulte de tout cela que l'océan est loin d'avoir le même niveau sur toute sa surface; qu'il se relève sur les côtes des continents et des îles; qu'il se relève d'autant plus que la côte est plus élevée et plus montagneuse, que le fond de la mer descend suivant un talus plus incliné, que la mer enfin est plus profonde.

Quelle est l'importance de cette dénivellation; vaut-il la peine d'en tenir compte?

Le D^r^ J. Hann, de Vienne, dans un travail récent[1], a évalué l'importance de ces inégalités de la figure de la terre, et en s'appuyant soit sur le calcul direct, soit sur les variations de la pesanteur mesurées à l'aide du pendule, soit sur la déviation du fil à plomb, a trouvé des chiffres qui varient de 600 à 1100 mètres pour la différence entre le niveau de l'océan en pleine mer ou près des îles pélagiques comme Ste-Hélène ou les Açores, et le niveau de l'océan sur les côtes des grands continents équatoriaux. Cette valeur énorme étonnera ceux qui n'ont pas encore réfléchi à cette action, mais elle n'est probablement pas exagérée.

Ces mêmes circonstances agissent sur les bords de nos lacs, et cela avec d'autant plus d'intensité que l'eau douce étant moins dense que l'eau salée, la différence entre la masse des terres et celle de l'eau est plus considérable. Nous devons donc admettre que la nappe de nos lacs forme des surfaces qui sont loin d'être planes.

---

[1] D^r^ *J. Hann.* Ueber gewisse beträchtliche Unregelmässigkeiten des Meeresniveau. Mittheil. der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien. XVIII, p. 554. 31 déc. 1875.

1° Faisant partie du sphéroïde de révolution de la terre, la surface d'un lac est une portion de surface sphéroïdale.

2° Sur les bords, l'eau se relève par suite de l'attraction de la rive.

3° Ce relèvement des bords n'a pas partout la même intensité; il a son maximum là où la rive est le plus abrupte, le talus du lac le plus incliné, le lac le plus profond. Sur notre lac Léman, c'est sur la côte de la Savoie, de St-Gingolph à Evian, que cette déviation est à son maximum, puis vient la côte suisse d'Ouchy à Villeneuve, puis le reste des côtes du Grand-lac, puis enfin le Petit-lac.

Il y a déviation d'horizontalité dans la nappe du lac; certaines régions sont plus relevées que d'autres, il y a donc *dénivellation.* Les forces attractives qui déterminent cette dénivellation sont d'action constante et statique; nous avons donc sur notre lac à reconnaître des *dénivellations constantes à causes statiques.*

Quelle peut être la valeur et l'importance de relèvement de l'eau sur les rives du Léman? Cela n'a pas été calculé; et cependant cela mériterait de l'être, car les données du problème sont très nettes et très simplement posées. C'est à provoquer ce calcul qu'est destiné ce paragraphe.

Voici, par exemple, les données du problème sur quelques points principaux du lac:

Au Dézaley, entre Cully et St-Saphorin, au milieu de Lavaux, le lac descend par un talus régulièrement incliné jusqu'à 270 mètres de profondeur à 1300 mètres de la côte; la terre ferme s'élève en pente régulière jusqu'à 285 mètres au-dessus du lac à 440 mètres de la rive.

A Rivaz, un peu à l'est de la station précédente, le lac descend à 255 mètres de profondeur à une distance de 625 mètres de la rive; la côte présente une hauteur de 240 mètres au-dessus du lac à 950 mètres de distance du bord.

A partir des points indiqués dans ces deux exemples, le fond du lac est parfaitement horizontal, et la terre ferme s'élève en un plateau relativement peu accidenté.

Au Leucon, près de Meillerie en Savoie, le lac descend à une profondeur de 255 mètres à une distance de 450 mètres de la rive, et la côte s'élève assez régulièrement jusqu'au sommet de la Dent d'Oche, élevé de 2060 mètres au-dessus de la surface du Léman et distant de 6 kilomètres du bord du lac.

Mais s'il y a des différences dans le niveau de l'eau, des dénivellations constantes, ces différences devraient, semble-t-il, être indiquées par les observations limnimétriques. Le nivellement fédéral exécuté de 1865 à 1874 sur les rives du lac donne avec une très grande précision[1] la hauteur de repères situés dans toutes les villes principales de la côte suisse; grâce à ces repères on a pu déterminer l'équation des limnimètres que nous avons donnée au § 1er. Les limnimètres étant ainsi rapportés au même plan, les lectures faites à ces instruments doivent indiquer des différences de niveau entre les diverses stations, si ces différences existent réellement.

Mais si nous ne trouvons pas de différence dans les lectures des divers limnimètres, en devons-nous conclure que les dénivellations statiques n'existent pas? En aucune façon.

En effet, les mêmes influences qui agissent en différentes places pour dévier plus ou moins le fil à plomb agissent aussi sur le niveau des géomètres pendant les opérations du nivellement; de station en station, le niveau du géomètre reste horizontal, c'est-à-dire perpendiculaire à la résultante des forces d'attraction, c'est-à-dire perpendiculaire au fil à plomb; si celui-ci est dévié, le niveau est dévié aussi et subit une dénivellation. Le nivellement apparent reste exact alors même que des dénivellations plus ou moins importantes ont lieu. C'est en plus petites proportions le fait que le nivellement général de la mer reste exact de l'équateur au pôle alors même que le rayon de la terre aux différentes latitudes est fort inégal, alors même que la terre au lieu d'être une sphère est un sphéroïde de révolution; c'est aussi le même fait qui empêche le nivellement géométrique le plus exact de reconnaître la rotondité de la terre.

---

[1] De Genève à Morges l'erreur possible est dans les limites de ± 2 millimètres. *A. Hirsch* et *E. Plantamour*. Nivellement de précision de la Suisse, I, p. 44. Genève, 1867.

En résumé, j'admettrai l'existence de différences de niveau dues aux causes constantes et persistantes de la déviation de la verticale par suite de l'attitude inégale des couches inégalement denses de la surface de la terre, j'admettrai sur notre lac l'existence de *dénivellations constantes à causes statiques.* Le niveau de l'eau est plus distant du centre de la terre sur les bords qu'au milieu du lac ; ces dénivellations varient d'importance aux différents points de la côte; ces dénivellations échappent à l'étude des procédés hypsométriques ordinaires[1].

§ IX. — Dénivellations constantes à causes dynamiques.

J'ai désigné sous ce nom au § VII des dénivellations causées par des actions mécaniques, intervenant constamment ou assez fréquemment pour que leur effet devienne normal et évident dans la comparaison des moyennes.

Leur origine n'étant pas due à l'attraction de la masse de la terre, cet effet de dénivellation ne se produit pas dans les opérations géodésiques du nivellement du pays; les dénivellations des masses d'eau dont nous parlons seront donc constatables par la comparaison d'observations faites à différents limnimètres convenablement répétés entre eux.

---

[1] Cf. Rapport de M. *Hirsch* sur la question des altitudes suisses. Bull. Soc. Sc. nat. de Neuchâtel, VI, p. 643 sq. — *E. Plantamour.* Hauteur du lac de Genève au-dessus de la Méditerranée et au-dessus de l'Océan. Archives des Sc. ph. et nat., N. P., XIX, p. 5 sq. Genève, 1864. — *J. Michel.* Lettre à M. Plantamour à l'occasion de la détermination de la hauteur du lac de Genève. *Ibid.*, p. 328. — *E Plantamour.* Observations sur cette lettre. *Ibid.* p. 334.

Il y a des différences dans le niveau moyen des différentes mers, et sur la même mer, dans le niveau moyen des différents ports.

C'est ainsi que sur la Méditerranée on a constaté les hauteurs moyennes suivantes rapportées au niveau moyen du port de Marseille[1] :

	m.
Marseille	0,000
Cette . . . . . . +	0,013
Toulon . . . . . —	0,281
Nice . . . . . . —	0,056

C'est ainsi que sur l'océan Atlantique on a les hauteurs moyennes suivantes[2] rapportées au niveau de Marseille :

	m.
Marseille	0,000
Bayonne . . . . . +	0,856
Arcachon . . . . +	0,600
Rochefort . . . . +	0,993
Port Launay . . . +	1,205
Brest . . . . . . +	1,022
Le Havre . . . . +	0,211 etc.

En moyenne, dix-huit ports de l'océan + 0^{m}80.

Cette valeur de 80 centimètres est la quantité dont on estime l'océan Atlantique plus élevé que la Méditerranée mesurée dans le port de Marseille.

---

[1] *J. Michel.* Lettre adressée à M. E. Plantamour à l'occasion de la détermination de la hauteur du lac de Genève au-dessus du niveau de la mer. Arch. des Sc. ph. et nat. N. P., t. XIX. p. 334 sq. 1864.

[2] *Bourdaloue,* cité par *J. Michel.* Bull. Sc. vaud. Sc. nat., VIII, p. 148. Lausanne 1863.

M. Michel dans sa lettre à M. Plantamour expose les raisons probables de ces différences de niveau. Il les attribue :

1° A l'effet des courants qui accumulent l'eau à l'entrée de certains ports ou bien l'emmènent loin des côtes.

2° Aux allures de la marée. Les différents temps de la marée, marée montante, marée descendante, mer étale [1], sont assez variables d'un port à l'autre suivant la configuration générale des côtes; tantôt c'est l'ascension de l'eau qui se fait le plus rapidement, tantôt c'est la descente, tantôt la courbe de la marée a des sommets aigus, tantôt des sommets mousses. Ces différences influent, on le comprend facilement, sur le niveau moyen de la mer et peuvent le modifier sensiblement.

A ces deux causes générales signalées par M. Michel, j'en ajouterai deux autres, à savoir :

3° La répétition fréquente des dénivellations accidentelles que je décrirai dans un paragraphe suivant; il est évident que si le vent peut être cause de dénivellations temporaires, si un vent déterminé souffle fréquemment, normalement sur une côte, ce vent peut être cause de dénivellations répétées qui, agissant sur la moyenne de hauteur des eaux, tendront à la modifier.

4° Dans les lacs à émissaires, le courant qui transporte l'eau de l'embouchure des affluents à la sortie de l'effluent est une cause très active de dénivellation constante; nous en avons vu l'effet dans le § II où nous avons étudié la pente du lac.

Ces quatre causes [2] de dénivellation peuvent-elles agir sur le niveau de nos lacs? C'est ce que je vais rapidement discuter :

---

[1] On appelle mer étale le moment pendant lequel la mer, arrivée à son point culminant, ne monte ni ne descend.

[2] Dans la mer il y aurait une cinquième cause de dénivellation à ajouter, à savoir les différences de densité de l'eau. Ces différences de densité peuvent être causées par l'évaporation de l'eau dans certains cas, et par l'apport d'eau douce par les affluents dans d'autres cas.

1° Les courants existent sur notre lac, où ils sont désignés sous le nom de *ladières;* ils peuvent même y être assez forts et assez bien limités pour que, de la rive, on puisse distinguer le bord du courant grâce aux remous et aux tourbillons qui le signalent. Leur vitesse n'atteint pas, il est vrai, celle des grands courants de l'Océan, mais elle peut cependant, dans certains cas, leur être comparée. C'est ce que montreront les chiffres suivants :

Localité.		Vitesse par minute. m	Auteurs.
Lac Léman.	Morges, 21 mai 1869	12	F.-A. Forel.
Id.	id. 26 juin 1876	16	id.
Id.	Vevey	18	R. Blanchet[1].
Gulfstream.	Détroit de Floride	120	E. Reclus[2].
Id.	Cap Hatteras	80	id.
Id.	Traversée de l'Atlantique	25	id.
Id.	Atlantique du Nord	4	id.

D'après cela nos plus forts courants du lac Léman n'atteindraient pas la vitesse moyenne du Gulfstream dans sa traversée de l'Atlantique du cap Hatteras aux côtes d'Irlande, mais dépasseraient de beaucoup la vitesse de ce courant dans la partie du Nord de l'Atlantique de l'Irlande au cap Farewell.

Mais si l'intensité des courants du lac peut être encore assez forte, la constance et la régularité leur font absolument défaut; le plus souvent ils sont nuls; lorsqu'ils existent ils se dirigent tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Je ne connais aucune région du lac où il existe un courant normal et constant dans sa direction[3]. Il n'y a donc pas de possibilité d'attribuer aux courants du Léman aucun effet de dénivellation constante du lac[4].

---

[1] *R. Blanchet.* Bull. Soc. vaud. Sc. nat., III, 151.

[2] *E. Reclus.* La terre, II, 75 sq. Paris 1872.

[3] Je ne fais pas entrer ici en ligne de compte le courant de la sortie du lac à Genève.

[4] On peut même se demander si les courants peuvent réellement être cause de dénivellations. Ils sont causés eux-mêmes, le plus souvent, par

2° La marée n'existe probablement pas sur notre lac, comme nous le verrons dans un paragraphe suivant ; les variations de ses allures ne sauraient donc avoir une action de dénivellation.

3° Les dénivellations temporaires dues à l'action des vents existent sans contestation, ainsi que nous allons l'étudier au § XIII. S'il y avait prédominance d'un vent particulier du lac et une certaine constance dans sa direction et son action, on pourrait concevoir comment des dénivellations temporaires se répétant souvent dans le même sens, pourraient agir sur la moyenne et causer des dénivellations du niveau normal du lac.

Mais les vents qui règnent sur le lac ne présentent en rien ce caractère de constance ; c'est ce qu'une revue rapide de leurs caractères montrera facilement.

Les *brises locales,* qui seules sont un peu constantes, ne doivent absolument pas entrer en ligne de compte ; qu'elles soufflent du lac sur la terre (Rebat) ou de la terre sur le lac (Morget), elles vont en s'irradiant du centre du lac vers les bords ou en sens contraire ; elle ne peuvent donc pas avoir d'effet de dénivellation d'une côte à l'autre.

Les *vents d'orage* descendent tumultueusement des montagnes avoisinantes (Joran, Bornan, Molan, certaines Vaudaires) et frappant, avec l'impétuosité que l'on sait, la surface du lac, déterminent des dénivellations temporaires très fortes, dont j'ai de beaux exemples sur les tracés de mon enregistreur de Morges, et que j'étudierai lorsque, un jour, je rechercherai la cause des seiches. Mais les vents d'orage n'ont aucune constance et aucune régularité ; leur effet ne peut donc pas se traduire sur les moyennes.

---

des dénivellations, et ils ne peuvent pas être à la fois cause et effet. Cependant on peut concevoir un port ouvert en entonnoir et présentant son embouchure à un courant dont un bras, par sa force acquise, maintiendrait l'eau dans l'intérieur du port à un niveau plus élevé que dans le reste de la nappe liquide. Une action de cette nature demanderait pour être sensible l'intervention de courants bien plus puissants que ne le sont ceux de notre lac.

En fait de *vents généraux*, nous avons les deux grands alisés du Nord et du Midi et la Vaudaire.

Les vents du N.-E. et du S.-O. enfilent la direction générale du lac, d'Ouchy et Morges au fond du golfe de Coudré et à Genève; ils sont causes de dénivellations temporaires puissantes; ils sont assez fréquents et se maintiennent assez longtemps dans la même direction. Il y a là les éléments de la transformation d'une action temporaire en une action permanente, cela est vrai; mais ces deux vents sont directement opposés l'un à l'autre, ils se neutralisent, et dans des moyennes de hauteur tendent à s'annuler mutuellement.

Si je recherche dans les études si consciencieuses de M. Plantamour[1], la fréquence relative aux différentes saisons des vents du Midi et des vents du Nord pour un nombre suffisant d'années, je trouve les chiffres moyens de la période 1847 à 1861, soit 15 ans.

	Vent du Nord.	Vent du Midi.
Hiver	13,7 jours	10,8 jours
Printemps . .	13,7	17,3
Eté	7,6	14,6
Automne . . .	9,8	11,1
Année entière .	44,8	53,8

D'après ces chiffres il y a prédominance de la bise en hiver, et du vent du Midi au printemps, en été, en automne et dans l'année entière. Comme nous le verrons, l'effet du vent est de relever l'eau dans la région du lac vers laquelle il souffle et de l'abaisser dans celle d'où il vient; il y aurait donc tendance en hiver à une dénivellation qui relèverait l'eau à la sortie du lac à Genève, dans le reste de l'année à une dénivellation qui l'abaisserait à Genève. En combinant cet effet avec la pente du lac, il y aurait, par l'action du vent, tendance à la diminution de la pente du lac en hiver, tendance à son aggravation pendant le reste de l'année.

Quant à la Vaudaire, ou Föhn, qui descend des Alpes par la vallée du Rhône et vient frapper sur le Haut-lac, elle a, si j'en juge par l'étude des seiches, un effet de dénivellation temporaire très actif, et elle doit amener des abaissements du niveau de l'eau à Villeneuve et des crues locales à Morges et dans le Petit-lac. Mais ce vent qui souffle en bouffées relativement courtes et subites, qui ne dure jamais longtemps avec une intensité soutenue, ne peut avoir une action persistante et se traduire par des dénivellations constantes.

---

[1] *E. Plantamour*. Du climat de Genève, p. 163. Genève.

En résumé, la direction des vents est trop variable sur notre lac pour qu'ils puissent avoir une action de dénivellation un peu constante; si cette action existe, elle est très faible et se confond avec la pente du lac en l'exagérant et en la neutralisant en partie.

Si des dénivellations temporaires autres que des seiches peuvent être causées par des variations de la pression barométrique, leur effet doit être tellement inconstant qu'il est impossible qu'il se traduise dans un sens positif et déterminé sur les moyennes.

4° La pente du lac existe comme nous l'avons vu, mais elle n'est assez forte pour être constatable par des observations limnimétriques qu'à la sortie du lac à Genève. Je ne reviendrai pas ici sur ce sujet que j'ai déjà suffisamment développé.

En résumé le raisonnement ne nous montre, en fait de dénivellations dynamiques possibles sur le lac Léman, que celle de la pente du lac; aucune des autres causes de dénivellation ne peut agir d'une manière constante.

Si donc ces raisonnements sont exacts, nous devons trouver le lac de niveau sur ses différentes côtes, et des limnimètres bien repérés doivent nous donner la même hauteur absolue dans toute la partie du lac où la pente n'est pas encore sensible. Si donc nous trouvons des différences d'un limnimètre à l'autre, nous devons en conclure à des erreurs dans l'équation des limnimètres.

Or je trouve des différences de ce genre et quelques-unes assez graves; j'en renvoie l'étude à un paragraphe ultérieur, dans une autre série.

§ X. — Des dénivellations temporaires.

Après avoir traité dans les paragraphes précédents des dénivellations constantes qui font que le niveau moyen du lac est plus élevé ou moins élevé sur telle rive que sur telle autre, j'en viens aux *dénivellations temporaires* par lesquelles le niveau moyen, altéré déjà par les causes constantes, est accidentellement et pendant un temps limité dévié de son horizontalité relative.

D'après leur origine je les diviserai en deux groupes :

1° *Dénivellations temporaires à causes astronomiques.* Marées.

2° *Dénivellations temporaires à causes atmosphériques.*

§ XI. — Dénivellations temporaires à causes astronomiques. Marées.

L'attraction des astres détermine sur l'océan les dénivellations temporaires semi-diurnes connues sous le nom de marées.

Existe-t-il des marées sur notre lac? La question peut se poser. En effet, si dans leur essence fondamentale et théorique les marées n'ont lieu que dans une masse d'eau illimitée recouvrant sans interruption la surface d'un astre, cependant on en a constaté dans des bassins d'eau qui, sans relations avec l'océan, occupent une fraction relativement bien peu considérable de la surface du globe.

Ainsi la Méditerranée a incontestablement des marées et leur amplitude peut même être assez forte; elles atteignent aux grandes marées de sygygie à Livourne 30 centimètres, à Venise 60 à 90 centimètres, au fond du golfe de la Grande Syrte jusqu'à 2 mètres[1].

« Le lac Michigan, » dit Reclus, « est la plus petite nappe lacustre où l'on ait constaté avec précision le retour régulier du flux et du reflux; l'amplitude de la marée y est, d'après le lieutenant Graham, de 75 millimètres. » Or le lac Michigan quoique mesurant environ 600 kilomètres de longueur du Nord au Sud, n'en a guère que 150 dans son diamètre transversal de l'Est à l'Ouest, devant Milwaukee. Il est vrai que si l'on prend son point le plus occidental au Sud et son point le plus oriental au Nord, on arrive à une différence de longitude de près de 3 degrés. Pour le lac Léman dont la plus grande longueur de l'Est à l'Ouest est de 73,2 kilomètres (en ligne courbe), la différence de longitude des deux extrémités n'est que de 47 minutes; en effet, le point le plus oriental à Chillon est à 24°,36′ et le point le plus occidental à Genève est à 23°,49′ longitude orientale du méridien de l'Ile de Fer. La latitude de notre lac et celle du grand lac américain étant à peu près les mêmes, nous pouvons facilement établir une comparaison entre ces deux dimensions et voir que le lac Michigan a une longueur de longitude quatre fois plus forte que le lac Léman. Or si les marées du Michigan atteignent 75 millimètres, pourquoi n'en aurions-nous pas sur notre lac, plus faibles il est vrai, mais encore observables?

---

[1] *E. Reclus.* La Terre. Paris 1862, II, p. 147.

Or j'ai dans les tracés de mon limnimètre enregistreur de Morges des documents qui me permettent d'apprécier de moment en moment avec une exactitude minutieuse la hauteur du lac; je puis en faire des lectures comparatives avec une précision de au moins un millimètre. S'il y a une marée sémidiurne sur le lac, pourquoi ne pourrais-je pas la reconnaître?

J'ai essayé de faire cette étude de trois manières différentes.

1° J'ai choisi une trentaine de jours à des époques quelconques de l'année, en cherchant les jours où le lac était le plus calme au point de vue des variations de hauteur, des seiches et des vibrations, où je pouvais par conséquent mesurer avec le plus de certitude la hauteur exacte du lac; j'ai ensuite compté comme commencement de la journée l'heure du passage de la lune au méridien, et d'heure en heure de cette journée lunaire, j'ai mesuré la hauteur du lac. J'ai ensuite réuni les observations de ces trente jours et j'ai additionné ensemble les chiffres représentant la hauteur du lac de la première heure lunaire, de la seconde heure, etc., des divers jours d'observation. J'ai ainsi obtenu une série de hauteurs correspondant aux différentes heures lunaires. Dans la courbe représentant cette série il m'a été impossible de reconnaître deux périodes de maximums et deux périodes de minimums séparées les unes des autres par des espaces de 6 et 12 heures.

Il est vrai qu'en opérant ainsi je n'ai pas tenu compte de l'influence du soleil qui, suivant sa position par rapport à la lune, fait tantôt avancer, tantôt reculer l'heure de la haute mer par rapport à l'heure du passage de la lune au méridien; en choisissant des jours quelconques j'espérais que les erreurs de cette nature étant probablement tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, s'annuleraient réciproquement.

2° J'ai essayé de m'affranchir de cette cause d'erreur de la manière suivante. J'ai choisi parmi les jours où la régularité des tracés était suffisante, les jours de syzygie; dans ces jours-là la différence de position du soleil et de la lune est trop peu importante pour faire varier considérablement l'heure de la haute mer par rapport à la première heure lunaire. J'ai répété sur 25 jours d'époque de syzygie, des mois d'avril à septembre 1876, les mesures que je viens de décrire, et voici les chiffres moyens que j'en ai tirés, rapportés à un niveau quelconque pour les différentes heures de la journée lunaire:

Heure	mm.	Heure	mm.
1	13.0	13	13.2
2	12.9	14	13.0
3	12.8	15	13.2
4	13.2	16	13.0
5	13.0	17	13.1
6	13.0	18	13.4
7	12.7	19	13.6
8	13.0	20	13.9
9	13.0	21	14.0
10	13.0	22	13.8
11	13.2	23	13.8
12	13.2	24	13.6

Il y a là des différences d'une heure à l'autre, mais je ne puis y reconnaître les maximums et minimums d'une marée.

3° J'ai répété cette tentative sous une troisième forme. J'ai profité d'une série de sept jours, du 10 au 16 décembre 1876, admirable par le repos complet du lac, série de jours pendant laquelle la hauteur du lac n'a varié que de 11 millimètres au maximum et est revenue au bout de la période à un millimètre près à ce qu'elle était au commencement; j'ai calculé pour chaque jour le moment de la marée haute, étant donnée la position relative des astres, et j'ai mesuré comme ci-dessus la hauteur du lac aux différentes heures de la journée de marée. Par ce procédé, pas plus que par les deux autres, je ne suis arrivé à trouver la courbe à deux maximums et à deux minimums d'une marée.

Je conclus donc qu'il n'y a pas moyen de reconnaître par les observations limnimétriques de Morges l'existence d'une marée sur le lac Léman; s'il y en a une elle est masquée par les dénivellations irrégulières bien plus importantes que nous allons étudier dans le paragraphe suivant; s'il y en a une, elle n'atteint pas à Morges un millimètre d'amplitude.

Il est vrai que la station de Morges est mal placée au point de vue de ces études; située au milieu de la longueur du lac, toutes les actions qui font osciller l'eau dans le sens de l'Est à l'Ouest y sont à leur minimum d'amplitude. Il est possible que des mesures exactes faites à Chillon et à Genève donnent, au point de vue des marées du lac, des résultats plus positifs que ceux que j'ai obtenus.

§ XII. — Dénivellations temporaires à causes atmosphériques.

Le niveau de l'eau d'un lac peut être troublé par une cause accidentelle et temporaire, autre que l'attraction des astres, et cela de deux manières :

1° Ou bien la dénivellation sera d'une certaine durée, une heure, un jour, elle sera soutenue, continue; l'eau sera plus élevée à une des extrémités du lac qu'à l'autre, puis l'action cessant, l'horizontalité primitive se rétablira lentement, progressivement. Je désignerai ce phénomène sous l'appellation de *dénivellations continues.*

2° Ou bien la dénivellation sera un mouvement d'oscillation fixe, un mouvement de balancement de l'eau, laquelle s'élèvera alternativement à chaque extrémité du lac pour redescendre ensuite. Ce seront des *dénivellations rhythmiques*, connues sur notre lac sous la dénomination de *seiches.*

§ XIII. — Dénivellations temporaires continues.

Le 12 juillet 1876, je fis à mon limnimètre enregistreur les lectures suivantes :

		m.
8 heures du matin	. . .	2.599
9 »	. . .	2.604
10 »	. . .	2.615
11 »	. . .	2.619

En trois heures de temps le lac s'était élevé, à Morges, d'une hauteur de 20 millimètres. Cette crue était-elle générale, étaitelle locale; était-ce, en employant les termes que j'ai définis, une variation de hauteur ou bien une dénivellation?

Etant donnée la surface du lac de 577.8 kilomètres carrés, une crue de 20 millimètres répartis sur l'ensemble du lac représenterait un excès de l'entrée sur la sortie de 11 $^1/_2$ millions de mètres cubes; cette crue ayant duré trois heures, cela signifierait un excès de l'entrée sur la sortie de 1070 mètres par seconde. D'après les chiffres de MM. Pestalozzi et Legler[1], étant donnée la hauteur du lac à Genève, le débit du Rhône ce jour-là devait être d'environ 590 mètres par seconde. Il y aurait donc eu, dans la supposition d'une variation de hauteur du lac de 20 millimètres en trois heures, un débit des affluents du lac de 1660 mètres par seconde. Or le débit moyen du Rhône en été étant, d'après M. Lauterburg[1], de 740 mètres par seconde, il y aurait eu ce jour-là un excédant de 920 mètres par seconde; le Rhône des hautes eaux aurait été plus que doublé. Y avait-il eu débâcle en Valais expliquant cette crue subite? Sur ma demande, M. le D^r Suchard, de Lavey, résuma comme suit l'état du Rhône: « Il y avait eu deux fortes crues le 9 et le 10 juillet; mais depuis lors on remarquait une baisse constante du fleuve. » Quant aux affluents du lac autres que le Rhône, leur débit n'avait rien d'exceptionnel.

---

[1] *K. Pestalozzi* et *G.-H. Legler.* Rapport au Conseil d'Etat du canton de Vaud sur les conditions de l'écoulement du Rhône à Genève. Lausanne 1876, pl. 3.

La crue du lac ne pouvant s'expliquer par un débit extraordinaire des affluents, pouvait-on en rendre compte par un arrêt de l'émissaire de Genève? Mais un excès de 1070 mètres de l'entrée sur la sortie n'aurait pu être causé même par l'occlusion complète du Rhône, ce fleuve ne pouvant, vu la hauteur des eaux, débiter plus de 590 mètres par seconde.

Il n'y avait donc pas moyen de supposer une crue générale du lac, une variation de hauteur; la hausse du lac était locale, c'était une dénivellation.

Deux jours après, le 14 juillet, nous avons eu à Morges la dénivellation en sens inverse: de 1 h. 20′ à 3 h. 15′ soir, soit en 115 minutes le lac a passé de la cote 2^{m}605 à la cote 2^{m}593; il y a donc eu une baisse de 12 millimètres. Si cette baisse avait été une baisse générale du lac, elle aurait représenté un excès de la sortie sur l'entrée de près de 7 millions de mètres cubes et reportée sur 115 minutes, cela correspondrait à un excès du débit de l'émissaire de 1000 mètres cubes par seconde. Or le débit du Rhône n'était, ce jour-là, que de 580 mètres par seconde. Etant donnée la hauteur du lac, ce débit ne peut être modifié ni en plus ni en moins[1]; même à supposer l'arrêt subit et complet de tous les affluents du lac, nous ne saurions donc admettre la possibilité d'un excès de 1000 mètres par seconde dans le débit de l'émissaire. Nous ne pouvons donc admettre que la baisse du 14 juillet fût une baisse générale du lac; c'était donc une baisse locale, une dénivellation.

---

[1] *Lauterburg* (loc. cit., 1re sér., p. 8), p. 65.

Nous avons dans ces deux exemples affaire à des dénivellations; elles sont temporaires, car elles apparaissent à un moment donné et disparaissent quand l'action déterminante a cessé; elles ne sont pas rhythmiques et n'ont aucun rapport avec les seiches.

Nous retrouvons ces dénivellations dans le tableau IX à la fin de ce mémoire qui donne les observations limnimétriques journalières de l'année 1876.

Dans ce tableau, à côté de la hauteur du lac mesurée à Vevey (du 1er janvier au 27 mars, et du 9 au 16 novembre), et à Morges (pendant le reste de l'année), j'ai donné la valeur d' calculée comme je l'ai dit au § IV, p. 40.

$$d' = d - D$$

d étant la différence entre la hauteur du lac mesurée aux limnimètres du Grand-lac et la hauteur du limnimètre du Jardin anglais de Genève; d exprime donc la pente réelle du lac au moment de l'observation;

D étant la pente normale du lac telle que je l'ai calculée au tableau I, p. 25;

d' exprime donc l'excès en plus ou en moins de la pente réelle au-dessus ou au-dessous de la pente normale.

$d' = + 13^{mm}$ ou $d' = - 18^{mm}$ signifient que la pente réelle est de 13 millimètres plus forte ou de 18 millimètres moins forte que ne devait l'être la pente normale étant donnée la hauteur du lac.

---

[1] L'état de barrage de Genève étant supposé constant et non modifié, ce qui était le cas dans l'exemple en question.

Les valeurs *d'* du tableau IX nous présentent deux sortes de variations :

1° Nous les voyons pendant des périodes assez longues avoir généralement le même signe, être, par exemple :

Positives depuis la fin de mars au 10 juillet environ,
Négatives depuis le 10 juillet au 10 septembre,
Positives depuis le 10 septembre au 21 octobre,
Négatives du 22 octobre à la fin de l'année.

J'aurai plus tard à expliquer ce fait.

2° Au milieu de ces périodes générales où *d'* est normalement positif ou normalement négatif, nous voyons des exceptions, des interruptions à la série. Quelques-unes sont dues à des seiches, le 24 juillet, le 19 décembre, par exemple, mais la plupart doivent être rapportées à des dénivellations continues. C'est ce que nous allons étudier.

Suivons la valeur *d'* dans ses modifications successives. Commençons avec avril 1876[1] :

Du	1er	au	3	avril	*d'* a une	valeur moyenne de	+ 5$^{\mathrm{mm}}$
	4	»	5	»	»	»	— 4
	6	»	10	»	»	»	+ 8
	11	»	14	»	»	»	+ 34
	15	»	16	»	»	»	— 22
	17	»	20	»	»	»	+ 20

et ainsi de suite.

Autrement dit, il y a eu entre Genève et Morges un excès de pente de 5, 8, 34 et 20 millimètres, un déficit dans la pente de 4 à 22 millimètres, dans les différents groupes de jours de cette période.

Des variations de ce genre peuvent se poursuivre dans tout le tableau et en général nous leur trouverons une durée de 2, 3 ou 4 jours.

---

[1] Je prendrai mes exemples dans la période où j'ai les tracés de l'enregistreur de Morges, depuis le 28 mars 1876 ; ils me donnent pour l'une des deux stations au moins des observations très précises. Cette comparaison n'aura une rigueur absolue que lorsque nous pourrons utiliser les tracés de l'enregistreur de Sécheron que M. Ph. Plantamour fait construire actuellement.

Parmi les plus grandes variations dans cette année 1876, je puis citer celles du 15 au 16 avril, du 7 au 9 mai, du 3 au 5 juillet, du 10 au 24 août, du 15 au 18 septembre, du 29 au 30 septembre, etc.

Quelle est la valeur de ces variations?

Au milieu d'avril, la valeur moyenne de d' était de $+ 27^{mm}$.

En effet, du 11 au 14 avril . . . . $d' = + 34$
du 17 au 20 » . . . . $d' = + 20$
Moyenne. . . $+ 27$
Or du 15 au 16 nous avons eu. . $d' = - 22$
Différence entre les moyennes 49 millimèt.

Si au lieu des moyennes nous nous adressons aux extrêmes, nous avons le 12 avril . . . . $d' = + 56$
15 » . . . . $d' = - 41$
Différence . . . 67 millimèt.

C'est l'exemple où j'ai la plus forte dénivellation bien authentique de l'année. Je pourrais citer encore les 21 et 23 août où la différence a été de 100^{mm}, si je ne mettais fort en doute les lectures du limnimètre de Genève de cette période, entachée par des seiches énormes.

Je crois rester dans les limites de l'observation en admettant pour l'amplitude de ces dénivellations entre Morges et Genève la valeur extrême de 10 centimètres.

Je retrouve ces mêmes dénivellations si je compare les séries d'observations de Vevey et de Genève, ainsi que j'ai dû le faire pour étudier la pente du lac d'après les années 1871-75, ainsi que je le constate p. ex. dans mon tableau de l'année 1876, du 10 au 13 mars. Les dénivellations sont encore plus fortes et plus apparentes. En tenant compte autant que je le puis des exagérations causées soit par les seiches, soit par les erreurs d'observation, j'estime pouvoir évaluer à 12 ou 15 centimètres l'amplitude des dénivellations qui sont ainsi constatables d'une extrémité du lac à l'autre.

Quelle est la cause de ces dénivellations de la surface de notre lac?

La cause normale et ordinaire doit être cherchée dans les vents. Lorsque la bise souffle du Nord-Est, l'eau est refoulée dans la partie sud-occidentale du lac et le niveau s'élève à Genève, tandis qu'il s'abaisse à Morges et à Vevey; lorsque le vent de pluie souffle du Sud-Ouest, il abaisse l'eau dans le Petit-lac et la fait monter à Morges et à Vevey.

C'est ce qui résulte de l'étude simultanée de la hauteur de l'eau aux extrémités du lac; la valeur *d'* qui exprime l'état réel de la surface du lac traduit ces dénivellations en devenant positive lorsque la pente est exagérée, lorsque l'eau est refoulée dans le Grand-lac et s'abaisse à Genève, lorsque le vent du Sud souffle; elle devient négative lorsque la pente du lac est diminuée sous l'influence du vent du Nord, lorsque l'eau est refoulée du Grand-lac vers Genève et le Petit-lac.

J'en donnerai un exemple en indiquant l'état des vents pendant le mois de décembre 1876; je lis cet état des vents sur le lac en combinant mes notes de Morges avec les observations de Genève. Lorsque le vent est nul ou que règnent des brises locales, je l'indique par la désignation *variable;* l'intensité des vents du Nord et du Sud est marquée par les facteurs 1, 2 et 3.

Décembre.	Vent.	*d'*	Décembre.	Vent.	*d'*
1	variable	— 16$^{\text{mm}}$	17	variable	— 25$^{\text{mm}}$
2	id.	— 48	18	vent du Nord 1	— 47
3	id.	— 56	19	vent du Sud 2	+ 30
4	vent du Sud 3	+ 42	20	variable	— 29
5	variable	— 37	21	vent du Nord 1	— 37
6	vent du Sud 3	+ 70	22	variable	— 22
7	variable	— 11	23	id.	— 14
8	id.	+ 31	24	id.	— 23
9	id.	+ 2	25	id.	— 12
10	vent du Nord 1	— 39	26	id.	— 7
11	id. 1	— 25	27	id.	— 51
12	id. 1	— 39	28	id.	— 22
13	variable	— 20	29	id.	— 62
14	id.	— 6	30	id.	— 18
15	id.	— 12	31	vent du Sud 1	+ 55
16	id.	— 19			

Dans ce mois de décembre 1876, nous voyons que, en général, dans les jours calmes et à vents variables, la valeur *d'* est négative; les jours où le vent du Nord règne, les 10, 11, 12, 18, 21, *d'* reste négatif avec des valeurs très fortes; au contraire, quand le vent du Sud règne, les 4, 6, 19, 31, la valeur *d'* devient positive. Autrement dit, la pente du lac a été diminuée par les vents du Nord et augmentée par les vents du Sud.

J'ai vérifié cette loi de la manière suivante : j'ai cherché dans les observations météorologiques de Genève de l'année 1876 tous les jours où les vents du Nord et Nord-Est d'une part, du Sud et Sud-Ouest d'une autre part, sont marqués avec les coefficients 2, 3 ou 4, indiquant des vents d'intensité forte ou très forte; dans ces cas-là, et je m'en suis assuré en en faisant la vérification sur mes notes, c'est toujours un vent général régnant sur tout le lac, de Morges à Genève pour le moins. J'ai cherché ensuite quelle était la valeur de *d'* pour ces deux séries; voici le résultat de ce travail :

Pour le vent du Nord (N.-N.-O. et N.-E.) il y a eu 39 jours à noter dans l'année.

Sur ces 39 jours 31 ont eu une valeur *d'* négative.
» 8 » positive.

La moyenne générale des 39 jours de bise est $d' = -17^{mm}$.

Pour le vent du Sud (S.-S.-O. et S.-E.) il y a eu 58 jours à noter.

Sur ces 58 jours 41 ont *d'* positif.
» 17 » négatif.

La moyenne générale des 58 jours de vent du Sud donne $d' = +16^{mm}$.

Cette comparaison prouve d'une manière très précise l'influence des vents et montre que la pente du lac est diminuée par les vents du Nord et augmentée par les vents du Sud.

La même conclusion pourrait se tirer de la comparaison des séries d'observations de Vevey et de Genève. Je n'en donne pas d'exemples pour ne pas surcharger ce paragraphe.

En résumé, je puis admettre comme un fait général, très normal et très constant, que les dénivellations temporaires continues sur le lac Léman ont lieu sous l'influence des vents; l'eau s'abaisse dans la région d'où vient le vent et s'élève dans la région vers laquelle il souffle.

Cette loi est-elle absolue, est-elle sans exception? Plus j'avance dans cette étude, plus j'arrive à en être convaincu. Cependant il me reste encore certaines objections que je dois discuter.

1° Tout d'abord de très bons auteurs, qui ont étudié, comme nous allons le voir, les mêmes phénomènes dans la Baltique et dans la Méditerranée, attribuent des dénivellations analogues à celles du Léman à des inégalités dans la pression atmosphérique. Si le baromètre est plus élevé d'un côté de la mer que de l'autre, il est évident que la pression atmosphérique étant inégale, le niveau de la mer doit s'incliner; si le même fait peut se produire sur le lac il doit en résulter nécessairement une dénivellation. Or en étudiant les seiches du lac nous sommes obligés de reconnaître l'effet de dénivellation causé par les variations de la pression atmosphérique; et s'il peut y avoir des variations de pression assez fortes pour causer des dénivellations rhythmiques appréciables, pourquoi ne pourraient-elles pas dans d'autres circonstances être l'origine de dénivellations continues?

2° Ainsi que je l'ai dit en analysant les 97 jours de fortes bises et de fort vent du Sud de l'année 1876, j'en ai trouvé 8 par le vent du Nord et 17 par le vent du Sud dans lesquels le signe de d' n'était pas celui qu'indiquait la direction du vent: 25 exceptions sur 97, cela représente plus du quart. Il est vrai qu'en discutant attentivement ces exceptions, on trouve qu'elles appartiennent presque toutes à des périodes dans lesquelles la valeur d' était normalement positive ou normalement négative; or si dans une période où d' est en moyenne égal à $+ 20^{mm}$, une dénivellation a lieu d'après laquelle la pente du lac est de 18^{mm} au-dessus de la normale, cela ramène la valeur de *d'* à $+ 2^{mm}$, sans arriver à la faire négative. J'ai reconnu que la plupart des anomalies de l'année 1876 pouvaient s'expliquer ainsi.

Dans quelques cas aussi une seiche a faussé l'observation ou bien une erreur de lecture pourrait expliquer l'écart ; il y a lieu d'espérer que quand le limnimètre enregistreur de Sécheron marchera parallèlement au mien, ces petits écarts d'observation seront absolument abolis et qu'une comparaison exacte et rigoureuse nous permettra de tirer des lois certaines.

3° Mais dans quelques cas, je dois l'avouer, l'explication des dénivellations continues par l'effet du vent seul est bien difficile à donner; je connais quelques-uns de ces exemples embarrassants dans les séries d'observations que j'ai étudiées; je veux seulement en indiquer un ici. C'est le fait que j'ai décrit au commencement de ce paragraphe, le cas du 12 juillet 1876. Ce jour-là, comme je l'ai dit, je voyais le lac monter à Morges avec une rapidité tout à fait extraordinaire ; or à ce moment il régnait sur le lac une bise violente, et d'après les faits analogues, au lieu d'une hausse locale j'aurais dû avoir une baisse, et la hausse aurait dû se produire à Genève. En l'absence d'observations suffisamment détaillées, je ne sais ce qui se passait à Genève ce jour-là, mais il est difficile qu'il y ait eu une hausse dépassant de beaucoup celle que j'observais à Morges. J'ai bien essayé de me rendre compte des faits en supposant que le vent du Nord plongeant sur le Haut-lac par dessus les monts de Lavaux, refoulait l'eau d'une manière extraordinaire dans la partie orientale du lac et que Morges était dans la région où cette eau était contrainte à s'accumuler et à s'élever. Mais toutes les interprétations que j'ai tentées sont trop forcées et j'en suis réduit à renoncer à expliquer le phénomène.

Ainsi donc il est certains cas dans lesquels l'action du vent semble ne pas suffire à expliquer les dénivellations continues; mais hâtons-nous d'ajouter que le nombre de ces cas anormaux diminue à mesure que l'observation gagne en précision.

Ces phénomènes ont été observés dans d'autres bassins d'eau. Quelle interprétation leur a-t-il été donnée? Voici les faits et théories qui sont à ma connaissance.

Dans la mer Baltique, ces dénivellations ont été étudiées déjà en 1747 par Gissler, à Hernösand, sur le golfe de Bothnie, côte orientale de la Suède; Gissler chercha les relations de ces mouvements de la mer avec les oscillations du baromètre et constata que l'eau monte quand le baromètre baisse. En 1806, Schultén, qui reprit la question, se rangea à l'opinion de Gissler. De 1815 à 1834, Bannasch observa la hauteur de la mer au phare de Pillau près de Königsberg, en Prusse; il ne vit dans les dénivellations de la mer que l'effet des vents qui élèvent le niveau de la mer dans la direction vers laquelle ils soufflent, quand le vent souffle du Nord la mer est élevée sur la côte méridionale de la Baltique et *vice-versa*. En 1841, Hällström combina les deux théories et admit l'action possible de ces deux causes, pression atmosphérique et direction du vent[1].

L'amplitude de ces dénivellations de la mer Baltique[2] peut être considérable et atteindre jusqu'à 1^m et 1^m20[3].

De même dans la Méditerranée l'on voit des dénivellations qu'il est impossible de rapporter aux mouvements des astres.

Voici, par exemple, la hauteur de la mer à Alger du 10 au 20 janvier 1839, d'après les observations d'Aimé[4].

---

[1] *G. G. Hällström.* Bemerkungen über das zeitweise Steigen und Fallen der Ostsee und des Mittelmeeres. Poggendorff's Ann. LVI, 626. Leipzig 1842.

[2] Les dénivellations de la mer Baltique ont souvent été comparées aux seiches; c'est par erreur. Sans mettre aucunement en doute l'existence possible de seiches, vagues uninodales d'oscillation fixe dans le bassin de la Baltique, tout ce qui a, jusqu'à présent, été décrit par les auteurs présente le caractère de continuité des oscillations que j'étudie actuellement et n'a rien du rhythme régulier et périodique qui fait l'essence des seiches.

[3] *A. v. Etzel.* Die Ostsee, p. 192. Leipsig 1874.

[4] *Aimé.* Mémoire sur les variations du niveau de la mer dans le port d'Alger. Ann. de Chimie et de Physique, LXXIII, p. 416 sq. Paris 1840.

	m.		m.
10 janvier	1.02	16 janvier	0.97
11 »	1.00	17 »	1.05
12 »	0.91	18 »	1.10
13 »	0.85	19 »	0.97
14 »	0.94	20 »	0.92
15 »	0.97	etc.	

Le maximum d'amplitude de ces dénivellations a été, pendant une période de 5 mois d'observation, de 45 centimètres entre la plus haute et la plus basse mer; ces variations de niveau sont durables et se continuent pendant plusieurs jours. Aimé, qui a étudié ces mouvements dans le port d'Alger, a trouvé des relations très évidentes entre la hauteur de la mer et le baromètre; très généralement et à très peu d'exceptions près, quand le baromètre monte, le niveau de la mer baisse et *vice-versa*.

Sur la Méditerranée, à Cette, aux cabanes de Palavas près Montpellier, les pêcheurs que j'ai interrogés connaissent ces dénivellations et les attribuent aux vents.

Cette opinion est généralement admise sur les rives françaises de la Méditerranée où l'on voit par les vents du Sud la mer s'élever jusqu'à 1^{m}20 au-dessus de son niveau normal [1].

Des faits semblables ont été constatés dans le lac supérieur de l'Amérique du Nord. « M. Mackenzie nous dit qu'avant un ouragan du Nord la rivière Kaministiquia (rive nord du lac Supérieur) s'abaisse parfois de 45 centimètres en 24 heures. On suppose que cela est dû à un soulèvement de l'eau sur la rive sud du lac où ces ouragans commencent habituellement à sévir par le fait du vent qui cause une dépression correspondante de ce côté. Ce fait, qui doit être attribué à une différence de pression sur les deux rives du lac, nous a été depuis confirmé par d'autres personnes » [2].

On le voit, l'action du vent est très généralement admise comme cause de dénivellation; mais aussi l'effet des pressions atmosphériques différentes aux diverses régions d'une même mer est soutenu par des auteurs d'un grand mérite, et la discussion que fait Hällström de cette ancienne opinion de Schultén en démontre, me semble-t-il, la justesse. Mais de ce qu'il peut y avoir des différences de pression entre les deux extrémités de la mer Baltique longue de 12 degrés ou d'un côté à l'autre de la Méditerranée, large de 8 à 10 degrés, de ce qu'on peut admettre que ces différences de pression peuvent persister pendant des heures et pendant des journées, de ce que des différences de pression atmosphérique peuvent être probablement la cause de dénivellations continues dans ces énormes bassins d'eau, il ne s'ensuit pas nécessairement qu'il en soit de même dans notre lac.

---

[1] *Lenthérie.* Les villes mortes du golfe du Lyon, p. 150, 162, 181, 247. Paris 1876.

[2] *L. Agassiz.* Lake superior, p. 83. Boston 1850.

Notre lac Léman n'a que 73 kilomètres de longueur, moins d'un degré; dans ces dimensions j'estime qu'il peut bien y avoir des différences de pression atmosphérique d'une extrémité à l'autre, l'histoire des seiches est là pour le prouver, mais que ces différences sont très temporaires, ne durent pas et s'égalisent très vite; en 50 minutes un vent d'orage, marchant à la vitesse de 25 mètres par seconde, pourrait au besoin, rétablir l'équilibre troublé. Les dénivellations continues que nous avons observées durant généralement des journées et plusieurs journées, elles ne sont probablement pas causées par une action aussi rapide et aussi éphémère.

Pourrons-nous un jour, avec des moyens d'observations plus perfectionnés, reconnaître les dénivellations dues aux variations de la pression barométrique, je suis très loin d'en désespérer.

En résumé, je reconnais sur le lac des dénivellations temporaires continues durant plusieurs heures et même plusieurs jours; elles sont causées normalement par l'action du vent qui, par son action mécanique, chasse l'eau de la partie du lac d'où il vient pour la relever dans celle vers laquelle il souffle.

§ XIV. — Dénivellations temporaires rhythmiques. Seiches.

Sous l'influence d'une variation subite de la pression barométrique[1] en un point déterminé du bassin du lac, ou sous l'impulsion d'une secousse de tremblement de terre[2], l'eau du lac peut subir une dénivellation temporaire rapide qui devient l'origine d'un mouvement rhythmique d'oscillation fixe uninodale ou de balancement. Après avoir été, sous cette impulsion violente et subite, dénivelée, déprimée à l'une des extrémité du lac et soulevée à l'autre, l'eau tend à reprendre son niveau horizontal; mais au lieu de s'arrêter à l'horizontalité sous l'entraînement du mouvement acquis, elle dépasse ce niveau, et pour revenir à l'état d'équilibre est obligée de décrire une série d'oscillations de plus en plus faibles. Ces oscillations rhythmiques sont ce que nous appelons *seiches*. La série d'oscillations qui se succèdent avant que la nappe ait repris l'état de repos peut être considérable ; c'est ainsi qu'une série de seiches qui avaient commencé le 22 août 1876, à une heure du matin, se sont continuées sans interruption et sans nouvelle impulsion 41 heures durant ; le 20 février 1877 une série d'oscillations a commencé qui a duré d'une manière appréciable à mon enregistreur pendant 83 heures de suite.

---

[1] Je ne veux pas discuter ici l'effet de ces variations barométriques, c'est dans un travail spécial qui paraîtra bientôt sous le titre de *Causes des seiches* que j'étudierai les conditions du développement de ces oscillations de l'eau. Je dirai seulement ici que j'ai reconnu avec la plus grande sûreté l'origine des seiches coïncidant avec des orages, tandis que les variations lentes et graduées du baromètre ne sont généralement pas accompagnées de fortes seiches.

[2] J'indique les tremblements de terre comme étant cause possible des seiches; il est évident en effet qu'une secousse du vase peut déterminer des oscillations de balancement de l'eau contenue dans ce vase; il est évident que si les tremblements de terre peuvent causer les ras de marée de l'Océan, ils peuvent aussi ébranler l'eau de nos lacs. Cependant cette secousse n'agit sur l'eau des lacs que dans certaines conditions à déterminer; en effet, divers tremblements de terre qui ont été ressentis en Suisse pendant l'année 1876, n'ont rien dessiné de remarquable à l'enregistreur de Morges. Ces tremblements de terre sont ceux

du 2 avril 1876 à 6 h. — m. à Neuchâtel.
30 » » 2 h. 10 s. id.
1er mai » 4 h. 45 m. id.
2 » » 8 h. 30 m. id.
7 » » 5 h. 46 m. à Morges, Orbe, le pied du Jura.
29 nov. » 7 h. 20 s. à Morges, Orbe, Yverdon.
2 mai 1877 8 h. 50 s. à Ebnat, Dürnten, Zurich, St-Gall, Thurgovie.

Le 2 avril l'enregistreur ne fonctionnait pas au moment de la secousse; mais il était en jeu régulier pendant les six autres tremblements de terre, et je n'ai pas pu reconnaître sur les tracés la plus petite dénivellation.

J'ai à plusieurs reprises indiqué les seiches comme étant la cause possible d'erreurs graves dans les observations limnimétriques ; quelques détails sur l'amplitude des seiches confirmeront ce dire.

D'après les tracés de l'enregistreur de Morges, les seiches sont ordinairement peu fortes dans cette station, et n'atteignent pas un centimètre d'amplitude dans la très grande généralité des cas ; mais elles peuvent aussi s'élever beaucoup plus et arriver à plusieurs centimètres. Pendant la période de 18 mois d'observation dont je dispose, elles ont dépassé dans un cas (22 août 1876) 12 centimètres d'amplitude entre la seiche haute et la seiche basse. Une lecture limnimétrique faite à ce moment-là aurait pu être entachée d'une erreur de 6 centimètres.

A Genève les seiches sont beaucoup plus considérables : sans parler ici des seiches tout à fait extraordinaires de 1 à 2 mètres [1], sans parler des seiches qui, chaque année, atteignent un pied d'amplitude, je dirai que d'après les tracés de l'enregistreur de M. Ph. Plantamour, à Sécheron, le lac est très rarement calme ; presque normalement à Genève on peut voir des seiches de 2 à 3 centimètres d'amplitude ; celles de 10 centimètres ne sont pas rares, et dans la première quinzaine d'observation, dont je dois communication à l'obligeance de

---

[1] Cf. 1re étude sur les seiches, p. 12.

M. Plantamour, il y avait déjà des seiches de 17 centimètres d'amplitude.

On voit d'après cela qu'il y a bien dans les seiches une action importante qui peut intervenir dans les observations limnimétriques comme cause d'erreur d'une manière très grave et nullement négligeable.

Les seiches sont des vagues d'oscillation fixée, vagues stationnaires uninodales qui font balancer l'eau suivant les deux diamètres principaux du bassin; les seiches longitudinales et les seiches transversales peuvent coexister en même temps et interferer les unes sur les autres.

Le rhythme des seiches est déterminé par les dimensions du bassin et s'exprime par la formule suivante :

$$t = \frac{l}{\sqrt{gh}}$$

t étant la durée d'une demi-oscillation de seiche.

l étant la longueur du diamètre du lac suivant lequel oscille la seiche.

h étant la profondeur moyenne du lac.

Je renvoie pour cette question des seiches aux divers mémoires que j'ai publiés récemment sur ce sujet[1].

§ XV. — Des maximums et des minimums de hauteur du lac.

Dans le tableau II, p. 38, j'ai donné les hauteurs moyennes mensuelles et annuelles du lac pendant les 25 dernières années, 1851-1875, d'après les observations de Vevey. Après avoir critiqué la valeur de ces observations en opposition à celles du limnimètre de Genève, je suis arrivé à estimer qu'elles indiquent mieux que ces dernières la véritable hauteur du lac, la correction de la pente du lac ne devant pas leur être appliquée.

---

[1] Première étude sur les seiches du lac Léman. Lausanne 1873. — Deuxième étude, 1875. Librairie Rouge et Dubois. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., XII, 213; XIII, 510. — Les seiches, vagues d'oscillation fixe des lacs. Actes de la Soc. Helvét. Andermatt 1875. — Le limnimètre enregistreur de Morges. Arch. des Sc. ph. et nat. Genève, août 1876. N. P. LVI, 305. — La formule des seiches. Arch. décembre 1876. LVII, 278. — Essai monographique sur les seiches du lac Léman. Arch. mai 1877. LIX, 50.

Voyez encore : Archives des Sc. ph. et nat. de Genève, janvier 1874, XLIX, 24, août 1875, LIII, 281. — Annales de chimie et de physique de Paris. 5e série, t. IX. 1876. — Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris, LXXX, 107 ; LXXXIII, 712.

C'est la même raison qui fait que je vais donner dans le tableau ci-dessous les chiffres des maximums et minimums de cette même série d'années d'après les mêmes observations de Vevey; comme terme de comparaison j'emprunterai à mon tableau II la hauteur moyenne de l'année.

Tableau IV.

Maximums, moyennes et minimums des années 1851 à 1875.

Années.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Années.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.
	m.	m.	m.		m.	m.	m
1851	2.394	1.275	0.774	1864	2.295	1.486	0.957
1852	2.461	1.371	0.751	1865	2.340	1.590	1.044
1853	2.424	1.332	0.684	1866	2.505	1.689	1.146
1854	2.124	1.152	0.684	1867	2.652	1.779	1.275
1855	2.265	1.420	0.744	1868	2.484	1.563	0.909
1856	2.142	1.357	0.822	1869	2.334	1.520	1.104
1857	1.866	1.121	0.789	1870	2.382	1.498	0.900
1858	1.668	1.071	0.621	1871	2.580	1.643	1.176
1859	2.277	1.382	0.888	1872	2.607	1.629	0.963
1860	2.214	1.559	0.900	1873	2.640	1.616	1.137
1861	2.529	1.498	1.020	1874	2.517	1.428	0.798
1862	2.124	1.332	0.939	1875	2.493	1.682	0.954
1863	2.244	1.538	0.924				

De ce tableau je tire les chiffres suivants :

1° La moyenne des maximums de cette série de 25 années est de . . . . m. 2.342

La moyenne des moyennes 1.468

La moyenne des minimums 0.916

2° Si je divise en périodes de cinq ans les 25 années de cette série, j'en tire les moyennes du tableau V. Pour faciliter la comparaison de ces chiffres, j'indique dans une seconde colonne la différence en plus ou en moins avec la moyenne générale des maximums des moyennes et des minimums que je viens de donner.

Tableau V.

Moyennes générales des maximums, moyennes et minimums.

	Moyennes quinquennales.			Différence avec la moyenne de 25 ans.		
	Maximums. m.	Moyennes. m.	Minimums. m.	Maximums. mm.	Moyennes. mm.	Minimums. mm.
1851-55	2.336	1.345	0.727	— 6	— 123	— 189
1856-60	2.036	1.298	0.804	— 306	— 170	— 112
1861-65	2.306	1.487	0.977	— 36	+ 19	+ 61
1866-70	2.471	1.610	1.067	+ 129	+ 142	+ 151
1871-75	2.567	1.600	1.005	+ 225	+ 132	+ 89

Ces chiffres montrent incontestablement un relèvement graduel très marqué dans la hauteur des eaux du lac, aussi bien dans les maximums, dans les moyennes et dans les minimums

M. E. Plantamour, dans sa Notice sur la hauteur des eaux du lac, a figuré graphiquement ces trois séries de chiffres pour les années 1838 à 1873 ; je ne répète pas ce tableau qui serait pour le Grand-lac presque parallèle à celui du port de Genève.

§ XVI. — Du régime limnimétrique du lac Léman.

En étudiant la courbe limnimétrique de l'année 1876 telle qu'elle est figurée à la planche II, j'ai été frappé de l'existence très évidente de trois maximums bien caractérisés, l'un au printemps, mars, l'autre en été, juillet et août, le troisième en automne, décembre; j'ai cru reconnaître là les maximums normaux de deux lacs de nature très différente.

Notre lac, en effet, par sa position et par la nature de ses affluents, est un lac mixte; il est à la fois un lac alpin et un lac de plaine.

Son principal affluent, le Rhône, est essentiellement un fleuve alpin, alimenté par une surface énorme de glaciers et de neiges éternelles (plus de mille kilomètres carrés); il subit en été, sous l'influence des chaleurs de juin et de juillet, une crue considérable et prolongée qui dépasse de beaucoup en intensité et en durée toutes les crues accidentelles dues aux orages et aux pluies. Sous l'action du Rhône alpin le lac Léman a donc un état relativement stationnaire pendant sept mois de l'année, de novembre à mai, tandis que de juin en octobre il présente une crue importante, soutenue, dont le maximum a lieu normalement au commencement d'août, le 3 août d'après M. Plantamour.

Mais le Rhône n'est pas seulement alimenté par les glaciers et les neiges éternelles; il reçoit aussi toutes les eaux des montagnes basses et de la grande vallée du Valais, de plus le Rhône n'est pas le seul affluent du lac et toutes les rivières qui se jettent directement dans le Léman ont leur bassin d'alimentation en plaine ou en pays de montagnes basses. Or le régime des rivières de plaine est tout différent de celui d'un fleuve alpin. Pendant les gels de l'hiver le débit est à son minimum, pendant les sécheresses de l'été il est presque aussi faible; les crues normales sont dues à la fonte des neiges de l'hiver sous l'effet des premières chaleurs du printemps; les crues accidentelles sont dues aux pluies diluviennes qui, comme on le sait, ont lieu spécialement en automne d'abord, puis au printemps. Il en résulte que les lacs de plaine présentent normalement deux maximums[1], l'un au printemps, l'autre en automne, et deux minimums, l'un en été, l'autre en hiver. Notre lac étant en partie alimenté par des rivières de plaine et de montagnes basses doit présenter aussi ces caractères des lacs de plaine et être sujet à leurs variations.

Le lac Léman doit donc avoir normalement le régime mixte suivant :

1° Un *minimum d'hiver* commun aux deux régimes alors que le gel a tari toutes les sources et eaux superficielles.

2° Un *maximum du printemps,* premier maximum du lac de plaine, dû soit à la fonte des neiges basses, soit aux pluies diluviennes du printemps.

3° Un *minimum de la fin du printemps.* Cette décrue du lac de plaine correspondant au moment où commence la fonte des neiges alpines, ne saurait être fort accentuée.

4° Un *maximum de l'été,* caractère essentiel du lac alpin.

5° Un *minimum de la fin de l'été.* Ce minimum est peu marqué; la décrue du fleuve alpin, qui est très évidente, correspond au moment où les temps pluvieux de l'automne viennent enfler les rivières de plaine.

6° Un *maximum d'automne* dû aux pluies diluviennes de la fin de l'année, quand elles ont lieu.

C'est le maximum de l'été et le minimum de l'hiver qui, de beaucoup, sont les plus considérables et le mieux marqués.

Mon attention a été attirée sur ces faits en étudiant la planche II qui figure la courbe limnimétrique de l'année 1876; tous ces maximums et minimums y sont évidemment dessinés. J'ai cherché ensuite si dans les années précédentes je retrouvais le même caractère; quoiqu'il ne soit pas toujours aussi frappant qu'en 1876, je l'ai trouvé cependant assez généralement constant pour que j'aie essayé d'en donner une représentation graphique.

---

[1] Ou deux séries de maximums, chaque période de mauvais temps amenant une crue, chaque période de beau temps une décrue.

Dans la planche III, j'ai figuré le tracé limnimétrique des années 1871 à 1876; le trait rouge représente le lac de plaine avec ses deux maximums et son minimum d'hiver; le trait noir figure le grand maximum d'été du lac alpin; les lignes pointillées contiennent les tracés hypothétiques des deux lacs et représentent le minimum d'été du lac de plaine et le minimum d'hiver du lac alpin.

C'est dans l'hiver de 1875 à 1876 que ce régime mixte est le plus évident.

. Ces figures sont assez parlantes pour n'avoir pas besoin d'autre explication.

§ XVII. — Limnimétrie de l'année 1876.

Je donne dans le tableau IX [1], à la fin de ce mémoire, et dans la planche II, les hauteurs journalières et la courbe du niveau du lac pendant les 366 jours de l'année 1876. De l'étude de ces chiffres je tire les remarques et les observations suivantes :

A. *Etude générale de la courbe.* Si dans la planche II j'étudie la courbe limnimétrique de l'année en la comparant à la ligne des moyennes NN, je la vois commencer en janvier en étant relativement assez élevée, mais descendant très rapidement pour atteindre le minimum d'hiver le 15 février par 0^m945. Une crue énorme et soutenue amène au 15 mars un maximum du printemps très évident et très bien caractérisé ; à ce moment les eaux sont de 75 centimètres trop élevées; c'est de toute l'année le moment le plus divergent et le plus anormal. Depuis ce maximum, décrue modérée jusqu'à la fin de mai où la courbe revient presque à la normale. Au 18 mai commence la grande crue estivale qui se termine vers le 10 juillet; du 10 juillet au 26 août le lac reste stationnaire à une hauteur tout à fait extraordinaire de 45 centimètres environ au-dessus de la moyenne; le maximum est atteint le 26 juillet à 9 heures du matin par $2^{m}661$. A partir de la fin d'août le lac s'abaisse rapidement pour atteindre et même dépasser en dessous la courbe normale au commencement de novembre. Le bel automne de 1876 recule jusqu'au milieu de novembre la crue due aux pluies de la fin de l'année; un maximum d'automne est atteint vers le 10 décembre, et le lac reste stationnaire jusqu'à la fin de 1876 à environ 30 centimètres au-dessus de la normale.

---

[1] Dans le tableau IX les cotes sont tirées des observations de Vevey du 1er janvier au 27 mars et du 9 ou 16 novembre. Pour tout le reste de l'année elles sont tirées des tracés de mon enregistreur de Morges.

Si je résume les époques et les dates des divers maximums et minimums de l'année, je trouve les chiffres suivants :

	Date.	Cote m.
1. Minimum d'hiver . .	15 janvier	0.945
2. Maximum du printemps	19 mars	1.803
3. Minimum du printemps	18 mai	1.535
4. Maximum d'été . . .	26 juillet	2.661
5. Minimum d'automne. .	11 novembre	1.287
6. Maximum d'automne .	11 décembre	1.535

D'après les circonstances météorologiques, je crois pouvoir fixer pour cette année le commencement de la grande crue estivale au 19 mai et sa fin au 25 août.

En somme, l'état du lac a, pendant toute l'année, été très élevé, ce que nous montreront encore mieux les moyennes.

Le lac a été au-dessous de la moyenne des 25 dernières années pendant 35 jours, à savoir : en février 21 jours
en novemb. 14 »
pendant 331 jours il a été au-dessus de la hauteur normale.

B. *Moyennes mensuelles.* Dans le tableau VI ci-dessous, je donne les moyennes mensuelles de l'année 1876, puis la moyenne normale calculée d'après les années 1851 à 1875;

dans la troisième colonne la différence en plus ou en moins entre les chiffres des deux premières colonnes.

Tableau VI.

	1876	Moyenne de 25 ans.	Différence.
	m.	m.	mm.
Janvier	1.218	1.076	+ 142
Février	1.046	1.062	— 16
Mars	1.647	1.047	+ 600
Avril	1.645	1.154	+ 491
Mai	1.619	1.328	+ 291
Juin	2.075	1.700	+ 375
Juillet	2.583	2.064	+ 519
Août	2.582	2.205	+ 377
Septembre	2.134	1.943	+ 191
Octobre	1.681	1.525	+ 156
Novembre	1.339	1.297	+ 42
Décembre	1.495	1.213	+ 282

D'après ces chiffres, le niveau du lac a été au-dessus de la normale dans tous les mois à l'exception du mois de février où la moyenne a été de 16 millimètres trop faible. C'est au mois de mars et d'avril d'abord, puis de juin, juillet et août que cet écart est le plus fort.

C. *Moyenne annuelle.* La moyenne annuelle calculée en prenant la moyenne des 12 moyennes mensuelles donne le chiffre de 1^{m}672.

Cette moyenne annuelle est supérieure de 204 millimètres à la cote 1^{m}468, moyenne des 25 années qui nous servent de norme. Si nous faisons la comparaison avec les 38 années dont nous pouvons disposer en utilisant les observations de Genève[1], nous avons une différence en plus de 215 millimètres; la moyenne générale du lac étant de 1^{m}457.

---

[1] Voyez § IV, 1re sér., p. 62.

Si je me reporte au tableau IV, page 33, qui donne dans sa deuxième colonne les moyennes annuelles des 25 dernières années, je ne trouve que trois années qui aient été supérieures dans leurs moyennes à 1876, à savoir :

1866	avec une moyenne de	1^{m}689
1867	»	1^{m}779
1875	»	1^{m}682

Les 22 autres années lui sont inférieures.

D. *Maximum et minimum absolu.*

Le minimum de l'année a été atteint	le 16 février par	0^{m}945
Le maximum »	26 juillet	2^{m}661
Différence entre les extrêmes		1^{m}716

ce qui représente un excès de l'entrée sur la sortie de 991 millions de mètres cubes d'eau.

D'après les calculs de M. E. Plantamour, le minimum normal a lieu le 22 février, le maximum le 3 août ; il y a donc eu cette année avance de 6 jours pour le minimum et de 8 jours pour le maximum.

D'après les chiffres étudiés au § XV, la moyenne des maximums est de 2^{m}342 ; le maximum de 1876 ayant atteint 2^{m}661 est à 319 millimètres au-dessus de la normale.

Dans les 25 années dont le maximum est indiqué au tableau IV, page 33, cette cote de 2^{m}661 n'a été dépassée qu'une fois, le 6 juillet 1867, par 2^{m}664.

Pour autant qu'on peut s'en rapporter aux chiffres des précédentes périodes, le maximum de 1876 aurait été dépassé :

			m.
en	1792	avec la cote	2.95
le 16 juillet	1817	»	2.93
le 26 août	1816	»	2.90
le 17 juillet	1846	»	2.795
le 6 »	1867	»	2.664

Les années qui se rapprochent le plus de 1876 sont :

		m.
1873	avec la cote	2.640
1872	»	2.607
1871	»	2.580
1861	»	2.529
1874	»	2.517
1866	»	2.505 etc.

Au point de vue du maximum absolu, l'année a donc été exceptionnellement haute.

Le minimum de 0m945 est de 29 millimètres plus élevé que la moyenne 0m916 des minimums des 25 années dernières.

Dans ces 25 années le minimum a été 9 fois plus élevé et 16 fois plus bas qu'en 1876.

E. *Les hautes eaux de 1876.* Ce qui, pour les riverains du lac, a été le plus fâcheux dans la hauteur exceptionnelle des eaux de 1876, cela a été leur durée; le lac a été stationnaire pendant très longtemps à un niveau fort élevé.

Une comparaison avec les années 1867 et 1873 pendant lesquelles le maximum de hauteur a été presque aussi élevé qu'en 1876, montre combien dans cette dernière année la durée des hautes eaux a été prolongée. Le tableau suivant indique pour ces trois années le nombre de jours pendant lesquels le lac a dépassé la cote indiquée à la première colonne.

Tableau VII. — *Durée des hautes eaux.*

Hauteur du lac. m.	1867.	1873.	1876.
2.66	1 jour	—	1 jour
2.65	2 jours	—	1 —
2.64	4 —	1 jour	5 jours
2.63	5 —	2 jours	12 —
2.62	5 —	7 —	15 —

Hanteur du lac. m.	1867.	1873.	1876.
2.61	7 jours	9 jours	21 jours
2.60	8 —	10 —	30 —
2.55	29 —	19 —	48 —
2.50	36 —	25 —	53 —

F. *Répartition proportionnelle des hauteurs d'eau.* Pour donner une idée de la distribution des hauteurs d'eau et de la durée proportionnelle de chaque cote, je donnerai dans le tableau suivant le nombre de jours où le niveau s'est maintenu à la cote indiquée et dans le décimètre au-dessus.

Cote m.	Jours	Cote m.	Jours
2.6	30	1.7	27
2.5	23	1.6	57
2.4	15	1.5	44
2.3	5	1.4	15
2.2	9	1.3	43
2.1	13	1.2	13
2.0	8	1.1	15
1.9	11	1.0	15
1.8	12	0.9	11

Si je résume les chiffres ci-dessus en séries de cinquante en cinquante centimètres, j'aurai une expression plus évidente des faits; mais pour pouvoir trouver leur signification réelle, faisons auparavant ce travail pour quelques années antérieures.

m.	m.	1871	1872	1873	1874	1875	Moyenne de 5 ans.
De 2.5	à 3.0	7	20	24	6	—	11 jours
De 2.0	à 2.5	86	69	58	66	105	77 —
De 1.5	à 2.0	103	130	86	58	110	97 —
De 1.0	à 1.5	165	123	197	143	124	150 —
De 0.5	à 1.0	4	24	—	92	26	29 —

Ces moyennes étant données, je puis leur comparer les chiffres de 1876 et voir dans quel sens ils sont exagérés.

m.	m.	1876	Moyenne	Diffréence
De 2.5	à 3.0	53 jours	11 jours	+ 42 jours
» 2.0	à 2.5	50 —	77 —	— 27 —
» 1.5	à 2.0	151 —	97 —	+ 54 —
» 1.0	à 1.5	101 —	150 —	— 49 —
» 0.5	à 1.0	11 —	29 —	— 18 —

Ce qui traduit en mots signifie que en 1876 le lac a été pendant trop longtemps dans les très hautes eaux et les eaux moyennes, trop peu longtemps dans les eaux très basses, basses et hautes.

G. *Crues journalières du lac.* La hauteur de la crue du lac en 24 heures ou en une heure peut avoir un assez grand intérêt, comme élément de calcul du débit des affluents.

La plus forte crue observée en 1876 a été de 69 millimètres en 24 heures, du 8 au 9 juin.

Dans le tableau ci-dessous j'ai indiqué, mois par mois, la valeur de la plus forte crue diurne observée pendant l'année 1876; l'on y verra des différences importantes entre les différentes saisons.

Tableau VIII. — *Crues du lac en 1876.*

					mm.
Janvier	du	9	au	10	8
Février	du	27	au	28	54
Mars	du	12	au	13	66
Avril	du	28	au	29	28
Mai	du	22	au	23	(?) 28
Juin	du	8	au	9	69
Juillet	du	9	au	10	39
Août	du	24	au	25	24
Septembre	du	28	au	29	19
Octobre	du	30 sept.	au	1er oct.	20
Novembre	du	19	au	20	31
Décembre	du	7	au	8	(?) 37

Pour les crues du 22 mai et du 7 décembre j'ai fait une correction aux observations limnimétriques directes faites à Morges; en effet, la comparaison avec les observations de Genève me montre pour ces jours des dénivellations évidentes dont il faut tenir compte.

Les observations de janvier à mars ont été faites avec le limnimètre de Vevey; elles sont beaucoup moins sûres que celles des neuf derniers mois basées sur les tracés de l'enregistreur de Morges.

H. *Variation de la pente du lac en 1876.* Il est enfin un dernier point que j'étudierai dans la limnimétrie de l'année 1876, c'est l'état de la pente du lac; les valeurs *d'* telles qu'elles sont données jour par jour dans le tableau IX nous serviront à ce travail. Elles expriment en effet les variations de la pente du lac en montrant de combien la correction D appliquée dans la comparaison entre les observations du Grand-lac et celles du limnimètre du Jardin anglais de Genève est trop forte ou trop faible; les chiffres de la colonne *d'* expriment en millimètres l'excès de pente quand le chiffre est positif, le défaut de pente quand il est négatif.

Ces variations de *d'* peuvent être dues à quatre causes, indépendamment des erreurs et des incorrections d'observation :

1° Aux dénivellations temporaires continues.

2° Aux seiches.

3° Aux erreurs dans la détermination de la correction D de la pente du lac, calculée d'après les observations de 1871 à 1875.

4° Aux variations de la pente du lac causées par des changements dans les conditions d'écoulement du Rhône à Genève, et spécialement par l'ouverture et la fermeture du barrage de la machine hydraulique.

Les deux premières causes sont accidentelles et doivent disparaître dans des moyennes.

	mbre	Octobre		Novembre		Décembre	
	d′	*h*	*d′*	*h*	*d′*	*h*	*d′*
	mm	m	mm	m	mm	m	mm
1	— 4	1.923	+ 34	1.378	— 20	1.377	— 16
2	+ 20	21	+ 16	54	— 58	75	— 48
3	— 1	06	+ 8	52	— 7	77	— 56
4	— 10	1.866	+ 25	38	— 43	1.406	+ 42
5	— 4	79	+ 22	32	— 29	12	— 37
6	— 12	56	+ 17	25	— 1	24	+ 70
7	+ 10	41	+ 19	18	+ 9	46	— 11
8	+ 59	26	+ 8	13	+ 9	1.504	+ 31
9	+ 14	05	+ 4	05	— 10	21	+ 2
10	+ 14	1.799	+ 19	1.296	— 2	30	— 39
11	+ 19	90	+ 33	87	— 47	35	— 25
12	+ 4	70	+ 17	93	— 6	33	— 39
13	+ 8	50	+ 15	1.308	— 41	34	— 20
14	+ 4	35	+ 20	11	+ 10	33	— 6
15	— 4	13	+ 15	11	— 26	32	— 12
16	— 2	1.693	+ 12	11	— 10	30	— 19
17	— 3	68	+ 16	14	— 14	24	— 25
18	— 9	49	+ 15	18	— 23	24	— 47
19	+ 18	26	+ 17	17	— 13	24	+ 30
20	+ 14	1.599	+ 22	48	+ 1	19	— 29
21	+ 6	76	+ 11	66	— 8	32	— 37
22	+ 5	61	— 30	75	— 45	29	— 22
23	+ 20	42	— 3	72	— 26	27	— 14
24	— 6	23	— 8	71	— 20	26	— 23
25	+ 12	03	— 10	66	— 23	18	— 12
26	+ 6	1.480	— 13	67	+ 25	16	— 7
27	+ 24	60	— 9	67	— 12	08	— 51
28	+ 30	43	+ 1	79	+ 15	01	— 22
29	+ 89	24	— 10	80	— 19	1.497	— 62
30	+ 93	10	— 17	81	+ 6	92	— 18
31		1.394	— 13			92	+ 55

Tableau IX

Année limnimétrique 1876. Observations de Morges (et de Vevey [{]).

	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	h	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*	*h*	*d'*
	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm
1	1.353	— 22	1.062	+ 20	1.305	— 3	1.692	+ 3	1.689	+ 5	1.667	+ 19	2.457	+ 2	2.618	— 3	2.460	— 4	1.923	+ 34	1.378	— 20	1.377	— 16
2	41	— 22	59	+ 13	32	— 22	77	+ 4	91	+ 24	87	+ 2	56	+ 1	37	— 20	55	+ 20	21	+ 16	54	— 58	75	— 48
3	38	+ 22	50	+ 26	77	+ 9	65	+ 7	91	+ 34	1.701	+ 2	50	— 20	29	— 9	12	— 1	06	+ 8	52	— 7	77	— 56
4	35	— 8	41	+ 32	1.413	— 16	61	— 8	87	+ 21	17	+ 9	64	— 21	37	— 5	2.385	— 10	1.866	+ 25	38	— 43	1.406	+ 42
5	32	— 44	32	+ 12	49	+ 9	52	0	81	+ 9	40	+ 21	79	— 12	47	— 2	51	— 4	79	+ 22	32	— 29	12	— 37
6	20	— 47	26	+ 17	70	— 36	48	+ 3	62	+ 16	66	+ 15	99	+ 6	36	— 18	16	— 12	56	+ 17	25	— 1	24	+ 70
7	08	— 12	17	+ 4	1.512	+ 49	45	+ 13	44	— 11	1.802	+ 19	2.514	+ 10	30	— 24	2.286	+ 10	41	+ 19	18	+ 9	46	— 11
8	02	— 34	08	+ 34	33	— 19	43	+ 3	28	— 46	55	+ 10	36	+ 9	31	— 18	64	+ 59	26	+ 8	13	+ 9	1.504	+ 31
9	1.290	+ 21	0.996	+ 14	45	— 10	40	+ 11	17	— 4	1.924	+ 17	54	+ 6	17	— 9	63	+ 14	05	+ 4	05	— 10	21	+ 2
10	1.302	+ 23	84	+ 6	93	+ 21	24	+ 10	05	+ 14	65	+ 19	93	+ 12	10	— 1	38	+ 14	1.799	+ 19	1.296	— 2	30	— 39
11	1.272	+ 11	78	+ 22	1.617	+ 40	23	+ 32	1.592	+ 12	2.025	+ 51	2.607	— 11	2.595	— 1	20	+ 19	90	+ 33	87	— 47	35	— 25
12	54	+ 11	66	+ 4	32	+ 78	51	+ 56	93	+ 20	78	— 18	19	— 32	85	— 11	2.183	+ 4	70	+ 17	93	— 6	33	— 39
13	45	— 32	57	+ 10	98	+116	60	+ 24	92	+ 30	2.130	+ 16	02	— 61	72	+ 1	60	+ 8	50	+ 15	1.308	— 41	34	— 20
14	30	+ 38	48	+ 8	1.755	— 24	45	+ 19	82	+ 5	46	+ 11	05	— 43	72	— 9	33	+ 4	35	+ 20	11	+ 10	33	— 6
15	18	— 42	45	+ 14	73	— 18	23	— 41	70	+ 14	52	— 1	01	— 15	67	0	10	— 4	13	+ 15	11	— 26	32	— 12
16	12	— 54	45	+ 16	88	— 7	11	— 2	47	+ 10	71	+ 18	03	— 10	72	— 2	2.080	— 2	1.693	+ 12	11	— 10	30	— 19
17	03	+ 1	57	— 5	76	+ 5	00	+ 13	40	+ 29	88	+ 10	08	— 18	58	— 18	52	— 3	68	+ 16	14	— 14	24	— 25
18	1.194	+ 21	72	+ 43	94	— 13	1.593	+ 26	35	+ 26	92	+ 9	18	— 4	52	— 3	60	— 9	49	+ 15	18	— 23	24	— 47
19	85	+ 26	87	+ 4	1.803	— 10	1.613	+ 25	39	— 19	89	+ 2	27	— 16	48	— 9	54	+ 18	26	+ 17	17	— 13	24	+ 30
20	79	+ 3	1.002	+ 18	1.794	— 8	40	+ 17	49	0	88	+ 1	16	— 22	71	+ 50	38	+ 14	1.599	+ 22	48	+ 1	19	— 29
21	67	— 30	38	— 25	79	— 13	42	+ 4	60	+ 20	96	+ 3	07	— 18	67	— 27	12	+ 6	76	+ 11	66	— 8	32	— 37
22	58	— 5	86	+ 25	64	— 10	50	+ 4	70	+ 8	2.216	+ 15	2.597	— 15	79	+ 3	1.988	+ 5	61	— 30	75	— 45	29	— 22
23	52	— 12	98	— 3	67	— 7	47	+ 22	1.604	+ 24	32	+ 5	2.602	— 1	77	+ 63	61	+ 20	42	— 3	72	— 26	27	— 14
24	43	+ 7	1.143	+ 32	55	— 6	45	+ 30	17	+ 12	53	— 22	06	+ 13	62	+ 2	36	— 6	23	— 8	71	— 20	26	— 23
25	34	+ 5	58	— 9	37	+ 16	57	— 3	41	+ 21	96	+ 9	40	— 7	86	— 1	26	+ 12	03	— 10	66	— 23	18	— 12
26	22	+ 7	73	— 11	37	+ 18	58	+ 18	52	+ 9	2.334	— 10	58	— 2	65	— 8	11	+ 6	1.480	— 13	67	+ 25	16	— 7
27	13	— 4	88	— 27	34	+ 15	54	+ 11	58	+ 17	83	0	46	0	34	— 15	1.897	+ 24	60	— 9	67	— 12	08	— 51
28	04	+ 17	1.242	+ 10	12	— 22	49	+ 4	52	— 25	2.404	+ 1	40	+ 9	17	— 2	76	+ 30	43	+ 1	79	+ 15	01	— 22
29	1.092	— 10	75	— 12	17	+ 32	77	+ 16	49	+ 15	23	+ 3	31	— 18	2.495	+ 11	95	+ 89	24	— 10	80	— 19	1.497	— 62
30	86	— 25			14	+ 13	84	+ 27	47	+ 7	43	+ 1	31	+ 7	59	— 8	1.903	+ 93	10	— 17	81	+ 6	92	— 18
31	77	+ 9			04	+ 1			56	+ 17			20	— 10	57	+ 64			1.394	— 13			92	+ 55

Les dernières se reconnaîtront par l'étude des moyennes de *d'*.

Si d'abord je prends la moyenne générale de l'année, je la trouve être de $d' = + 2^{mm}$. Ce qui signifie, ou bien que la pente du lac a été réellement augmentée de 2 millimètres en moyenne, que ce soit par l'effet combiné des dénivellations temporaires, que ce soit par l'état d'ouverture des barrages de la machine de Genève, que ce soit par augmentation de la pente du lac elle-même, — ou bien que la correction D a été de 2^{mm} trop faible.

Si j'ordonne les observations d'après la hauteur absolue du lac, si je les divise en séries de 20 en 20 centimètres, j'obtiens pour *d'* les moyennes suivantes en 1876 :

Hauteur moyenne.	d'
m.	mm.
1.0	+ 11
1.2	— 3
1.4	— 13
1.6	+ 6
1.8	+ 10
2.0	+ 15
2.2	+ 9
2.4	— 0
2.6	— 6

D'après cela la pente du lac aurait été plus forte ou la correction D trop faible dans les hauteurs d'eau de 0^m9 à 1^m1 et de 1^m6 à 2^m3; la pente du lac aurait été plus faible ou la correction D trop forte dans les hauteurs du lac de 1^m2 à 1^m5 et au-dessus de 2^m4.

Quelle est des différentes causes possibles celle qui en 1876 a causé ces écarts de *d'*, je ne puis le dire avec sûreté ; mais je suis disposé à l'attribuer en partie à une insuffisance de la correction D qui devrait être rectifiée dans le sens indiqué.

Quant aux variations de *d'* dues à l'état du barrage de Genève, elles sont aussi évidentes que possible en automne. En effet, le barrage de la machine hydraulique a été fermé le 20 octobre, et tandis qu'auparavant la pente du lac était plus forte que la normale, elle est devenue subitement plus faible après la fermeture du barrage ;

c'est ce que montreront les moyennes de d'

du 1 au 20 octobre $d' = + 18$ millimètres.
20 au 31 » $d' = - 9$ »
Différence 27 »

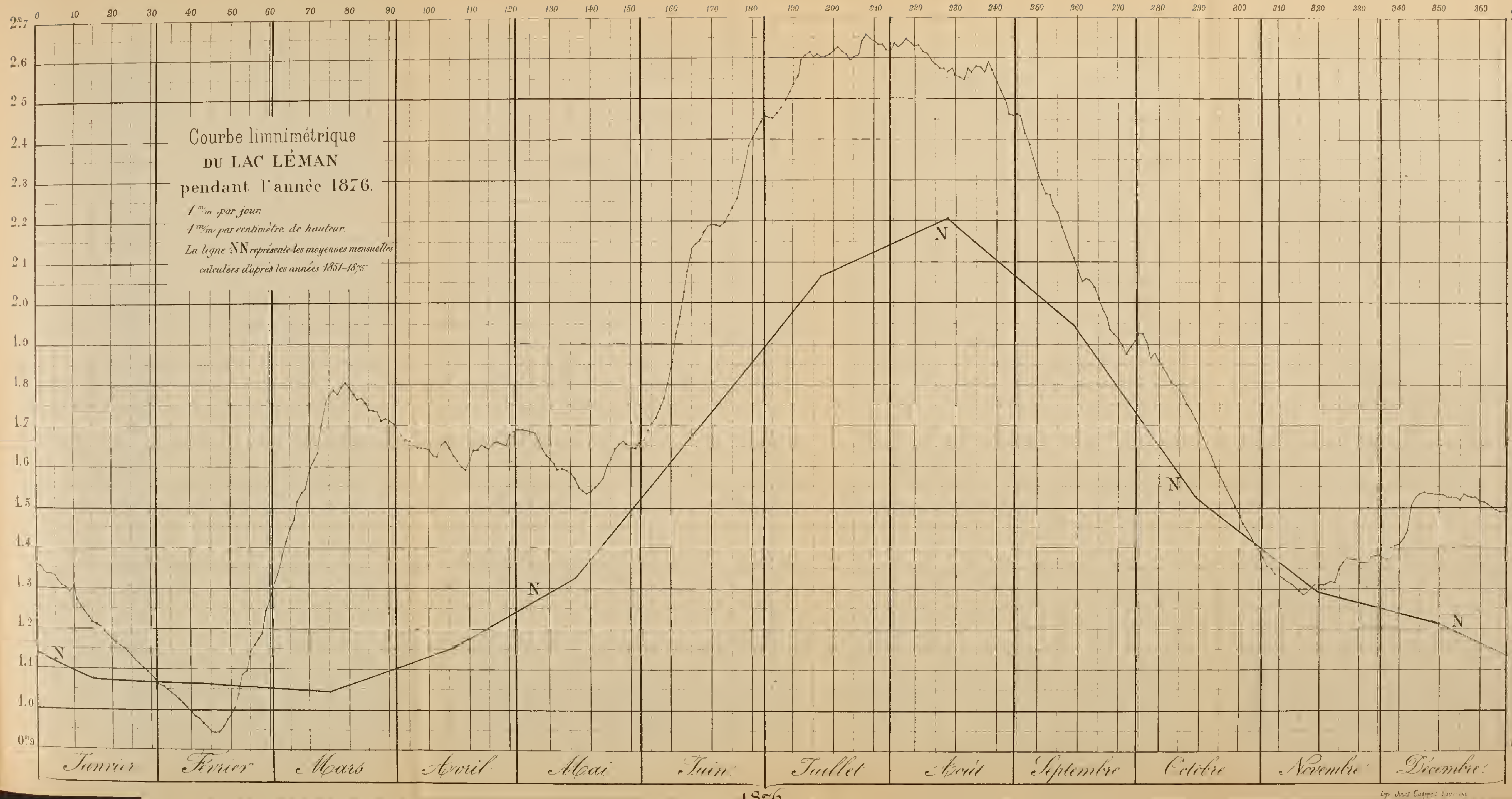
La fermeture du barrage en octobre 1876 a donc amené une diminution de la pente du lac de 27 millimètres. C'est là une démonstration très heureuse des faits que nous avions étudiés au § II ci-dessus.

Quant à l'effet de l'ouverture du barrage au printemps, il est beaucoup moins évident, l'ouverture ayant été progressive et ayant duré du 8 mars au 8 avril, d'après les notes que m'a communiquées M. Merle d'Aubigné.

2ᵐ.
2.
2.
2.
2.
2.
2.
2.
1.
1.
1.
1.
1.
1.
1.
1.
1.
1.
0ᵐ.

F. A. FOREL.- Limnimètrie du Léman.- Pl. II.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.- Vol. XV. Pl. VIII.



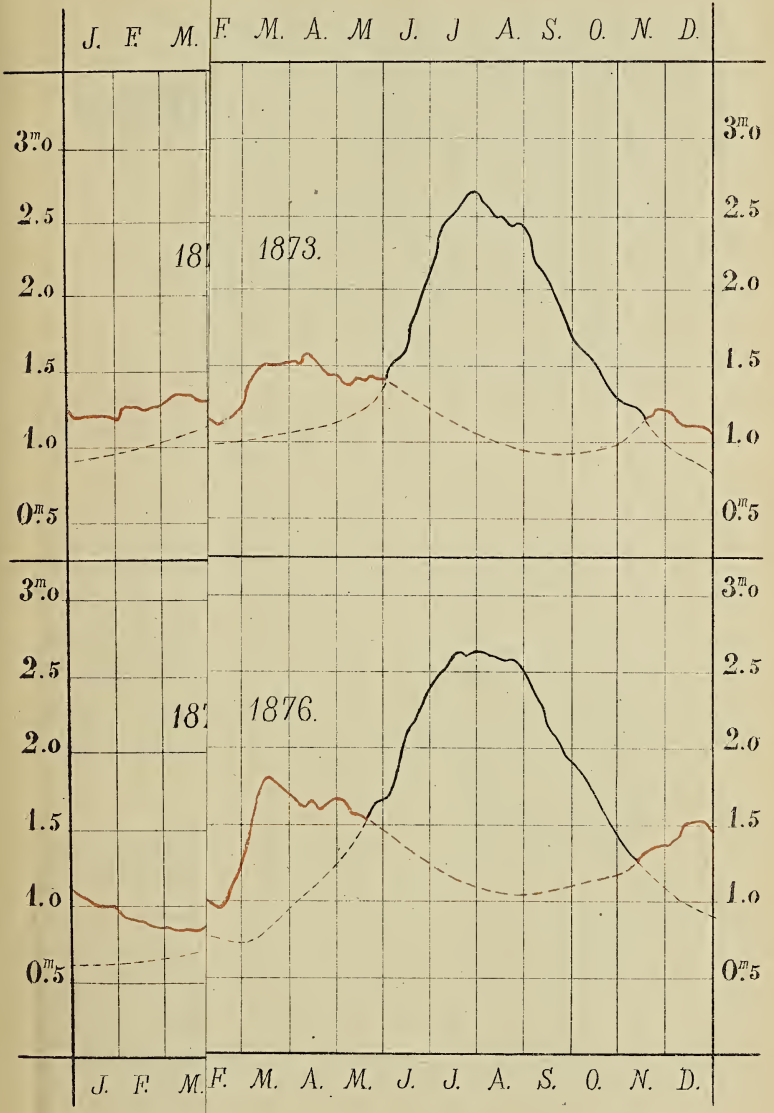
Courbe limnimétrique
DU LAC LÉMAN
pendant l'année 1876.

1 m/m par jour.
1 m/m par centimètre de hauteur.
La ligne NN représente les moyennes mensuelles calculées d'après les années 1851-1875.

Lith. Jules Chappuis Lausanne

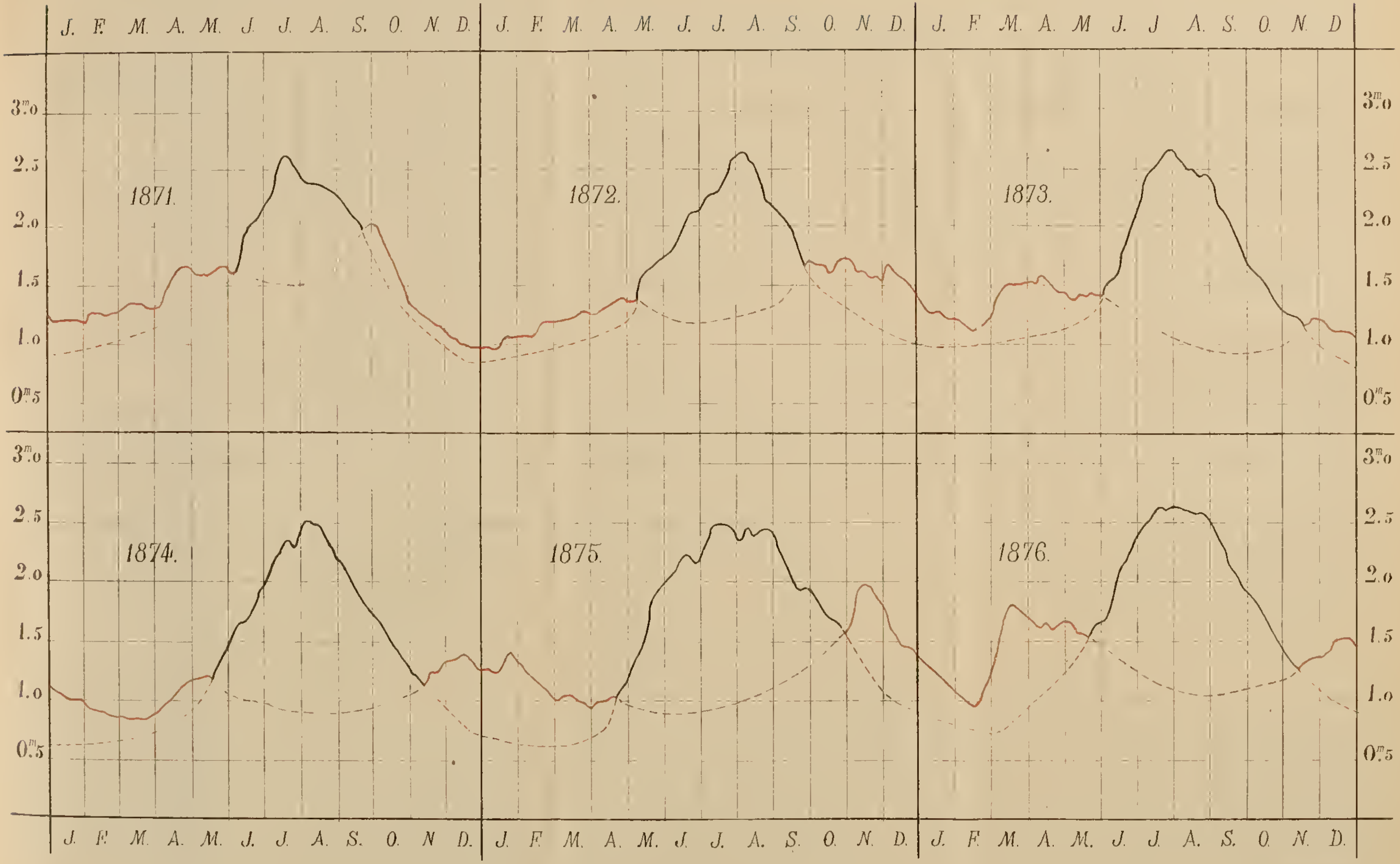
F.A. FOR

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. – Vol. XV. – Pl. IX.



Lith. Jules Chappuis, Lausanne

racé rouge: le lac Léman, lac de plaine.



Courbe limnimétrique des années 1871 à 1876. —— *Tracé noir:* le lac Léman, lac alpin. – *Tracé rouge:* le lac Léman, lac de plaine.

UN EXEMPLE
DE
REPRÉSENTATION CONFORME

PAR LE

Dr H. AMSTEIN
professeur à l'Académie de Lausanne.

Les pages suivantes sont consacrées à l'étude de la fonction suivante d'une variable complexe :

$$\zeta = \tfrac{1}{4}\left(3z + \tfrac{1}{z^3}\right).$$

Cette fonction, bien qu'elle soit très élémentaire, nous a paru digne d'un certain intérêt, attendu qu'elle fournit non-seulement un exemple à l'appui des méthodes employées depuis *Riemann* dans la théorie moderne des fonctions d'une variable complexe, mais encore la solution de ce problème : Trouver, sur l'intérieur d'un cercle de rayon 1, la représentation conforme de l'extérieur de l'astroïde,

$$x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = 1$$

c'est-à-dire de la partie du plan qui reste, abstraction faite de l'intérieur de l'astroïde.

Si l'on désigne, avec *Gauss*, par $i = \sqrt{-1}$ l'unité positive des nombres imaginaires, tout nombre complexe peut se mettre sous la forme $\alpha + \beta i$, où α et β représentent des nombres réels quelconques. Ce nombre est figuré dans un plan quelconque par la droite (appelée *ligne dirigée*) qui joint dans ce plan l'origine de coordonnées rectangulaires au point donné par les coordonnées $x=\alpha$, $y=\beta$. Le plus souvent nous substituons à la ligne dirigée représentative du nombre complexe le seul point $x=\alpha$, $y=\beta$. Par là nous pourrons rapporter un point à un autre, une courbe à une autre. Parfois il est préférable de déterminer le point représentatif du nombre complexe par des coordonnées polaires r et φ, de sorte que

$$\alpha+\beta i=r\,(\cos\varphi+i\sin\varphi).$$

Le rayon vecteur r est dit *la valeur absolue (la norme, le module)* du nombre complexe et l'angle φ que fait sa direction avec l'axe polaire est dit *la déviation (l'argument)* du nombre complexe. De l'équation

$$\alpha+\beta i=r\,(\cos\varphi+i\sin\varphi)$$

on tire immédiatement

$$\alpha=r\cos\varphi,\ \beta=r\sin\varphi$$

et réciproquement

$$r=\sqrt{x^2+y^2},\ \varphi=\arccos\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}=\arcsin\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}=$$
$$=\operatorname{arctg}\frac{y}{x}.$$

Soit $z=x+yi$ une variable complexe et $\zeta=\xi+\eta i=f(z)$ une fonction quelconque de cette variable. Comme la variable z est illimitée, le point représentatif de z peut occuper toutes les positions du plan que nous appellerons le plan (z). Pour représenter géométriquement les valeurs correspondantes de la fonction $\zeta=f(z)$ nous choisirons un second plan, le plan (ζ). Or, si la fonction $f(z)$ est uniforme, c'est-à-dire si à chaque valeur de z ne correspond qu'une seule valeur de ζ, il arrivera qu'à chaque point du plan (z) ne correspondra qu'un seul point du plan (ζ). Si, au contraire, la fonction $f(z)$ est multiforme de l'ordre n (n-forme), c'est-à-dire si à chaque valeur de z correspondent n valeurs de ζ, à chaque point du plan (z) correspondront n points, en général différents, du plan (ζ).

H. AMSTEIN.- Représentation conforme.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.- Vol. XV.- Pl. X.

Fig: 1.

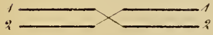


Fig: 2.

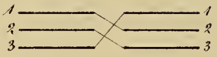


Fig: 3.

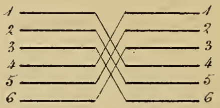

1
2
3
4
5
6
1
2
3
4
5
6

Fig: 4.

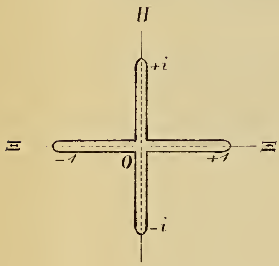


Fig: 5.

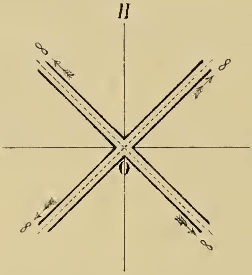


Fig: 6.

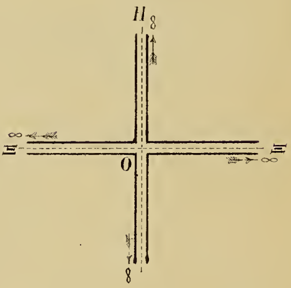


Fig: 7.

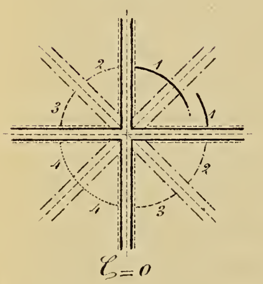
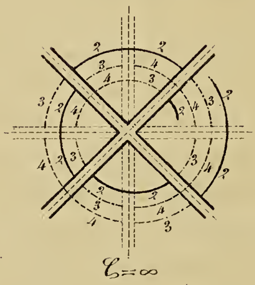

2
1
3
1
4
2
4
3
𝒞 = 0

Fig: 8.


2
2
3
4
4
3
3
2
4
2
4
3
2
4
2
3
3
4
2
2
3
2
4
4
3
𝒞 = ∞

Lith: J. Chappuis, Lausanne.

Pour ramener l'étude d'une fonction (n-forme) à celle d'une fonction uniforme, l'illustre géomètre *Riemann* (voir sa dissertation inaugurale : *Grundlagen für eine allgemeine Theorie der Functionen einer veränderlichen complexen Grösse)* a eu l'ingénieuse idée suivante. Il s'est figuré que le plan (z) se composait de n plans *(nappes)* différents superposés et que la variabilité de la variable s'étendait sur toutes les n nappes. A chaque point d'une de ces nappes ne correspond alors qu'un seul point du plan (ζ) et aux n points différents superposés dans les n nappes correspondent n points, en général différents, du plan (z). En tous les points z pour lesquels un certain nombre de points du plan (ζ) coïncident, un même nombre de nappes sont en connexion. Ces points ont été nommés par Riemann *points de ramification (Verzweigungspunkte, Windungspunkte).* Afin d'obtenir une transition continue d'une valeur de la fonction à une autre qui correspond à la même valeur de la variable indépendante, ou d'une nappe à une autre, on emploie *des lignes de passage (Verzweigungschnitte, Uebergangslinien).* Ces lignes qui ne se coupent nulle part elles-mêmes, mais dont la forme est d'ailleurs tout à fait arbitraire, sont menées ou bien entre deux points de ramification, ou bien entre un point de ramification et le point (unique) qui correspond à $z = \infty$. Après avoir coupé artificiellement le long d'une ligne de passage toutes les nappes qui ont en commun les points de ramification correspondants, on rétablit la connexion des nappes, non pas telle qu'elle était avant l'application des lignes de passage, mais comme l'exige la nature de la fonction considérée. (Les figures 1, 2 et 3, Pl. X, montrent par des sections transversales, dans trois cas différents, la connexion des plans le long d'une ligne de passage.)

L'ensemble des n nappes, jointes comme il a été indiqué, forme pour la fonction en question ce que Riemann a appelé une *Windungsfläche* et ce qu'on appelle maintenant assez généralement *une surface de Riemann.* A l'intérieur de cette surface la fonction est donc uniforme.

L'équation $\zeta = f(z)$ établit une relation entre le plan (z)

(ou la surface de Riemann) et le plan (ζ). Le plan (ζ) est pour ainsi dire *une représentation* ou *une image* (eine *Abbildung*) du plan (z). *Gauss* a le premier remarqué que par une représentation à l'aide d'une fonction d'une variable complexe, on obtient ce fait remarquable qu'à une figure infiniment petite dans le plan (z) correspond une figure semblable dans le plan (ζ). Cette similitude a engagé ce célèbre mathématicien à donner à la représentation $\zeta = f(z)$ le nom de *représentation conforme*. Le rapport des dimensions linéaires de l'image à celles de l'original en un point quelconque est donné par la valeur absolue de la dérivée $\frac{d\zeta}{dz} = f'(z)$, et la déviation de la dérivée mesure l'angle duquel l'élément considéré de l'image paraît tourné par rapport à l'élément original. De là il résulte que la similitude cesse d'avoir lieu dans tous les points pour lesquels $f'(z)$ devient zéro ou infiniment grand.

Dans le mémoire cité ci-dessus, Riemann a énoncé le théorème suivant: Il est toujours possible de représenter sur la surface d'un cercle avec similitude des éléments infiniment petits une surface simplement connexe (c'est-à-dire une surface qui peut se transformer en un plan simple par une déformation continue). En outre, cette représentation conforme ne peut se faire que d'une seule manière telle qu'au centre du cercle corresponde un point quelconque donné à l'intérieur de la surface et à un point quelconque de la périphérie du cercle un point quelconque donné du contour de la surface.

Le problème contenu dans cet énoncé a été résolu dans plusieurs cas plus ou moins simples, et certaines représentations, particulièrement celles transmises par les intégrales et fonctions elliptiques, ont été étudiées par différents géomètres. Qu'il nous soit permis, pour ne pas rendre compte ici de leurs travaux, de renvoyer au mémoire: *Ueber die conforme Abbildung der Oberfläche eines regulären Octaeders auf die Oberfläche einer Kugel; Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich, XVI. Jahrgang, 1871, pages 297-341,* dans la première partie duquel l'auteur du présent mémoire a donné un aperçu historique succinct de la représentation conforme.

I.

Comme la dérivée de la fonction proposée

$$\zeta = \tfrac{1}{4}\left(3z + \frac{1}{z^3}\right) \tag{1}$$

savoir

$$\frac{d\zeta}{dz} = \tfrac{3}{4}\left(1 - \frac{1}{z^4}\right) = \tfrac{3}{4}\,\frac{z^4 - 1}{z^4}$$

s'annule pour les quatre points $z = \pm 1$, $z = \pm i$ et devient infiniment grande pour le point $z = 0$, ces cinq points seront des *points singuliers* de la fonction ζ. En effet, les développements de la fonction donnée suivant les puissances ascendantes de $(z \mp 1)$, $(z \mp i)$, d'après le théorème de Maclaurin sont

$$\begin{aligned}
\zeta - 1 &= \tfrac{3}{2}(z-1)^2\left[1 - \tfrac{5}{3}(z-1) + \tfrac{5}{2}(z-1)^2 \ldots\right],\\
\zeta + 1 &= -\tfrac{3}{2}(z+1)^2\left[1 - \tfrac{5}{3}(z+1) + \tfrac{5}{2}(z+1)^2 \ldots\right],\\
\zeta - i &= -\tfrac{3}{2}(z-i)^2\left[1 - \tfrac{5}{3}(z-i) - \tfrac{5}{2}(z-i)^2 \ldots\right],\\
\zeta + i &= \tfrac{3}{2}(z+i)^2\left[1 + \tfrac{5}{3}(z+i) - \tfrac{5}{2}(z+i)^2 \ldots\right],
\end{aligned}$$

tandis qu'on a pour le voisinage du point $z = 0$, directement

$$\zeta = \frac{1}{4z^3}\left[1 + 3z^4\right].$$

Or, si on donne par exemple à z des valeurs qui s'écartent très peu de $z = 1$, on pourra se borner au premier terme de la série correspondante. Alors on voit facilement que si le point z fait une fois le tour complet du point $z = 1$ (par exemple sur une circonférence de centre $z = 1$ et de rayon ρ suffisamment petit), le point ζ fera deux fois le tour du point $\zeta = 1$.

Donc à un angle de 2π correspond à l'endroit $z=1$ un angle de 4π et il n'y a par conséquent pas de similitude. Des résultats analogues s'obtiennent pour les points $z=-1$, $z=\pm i$. De même on reconnaît que si z fait une fois le tour du point $z=0$, ζ fera dans le sens inverse trois fois le tour du point $\zeta=\infty$. Le point $z=0$ est donc bien un point singulier. A l'exception de ces cinq points, il y a partout similitude entre les éléments des deux plans (z) et (ζ).

Si on attribue à z des valeurs réelles, ζ prend aussi des valeurs réelles, et à des valeurs purement imaginaires de z correspondent aussi des valeurs purement imaginaires de ζ. Par conséquent, les axes du plan (ζ) sont les images des axes du plan (z). De même on trouve que les bissectrices des angles que font entre eux les axes coordonnés dans le plan (ζ) sont les images des droites correspondantes du plan (z).

En posant dans l'équation (1)

$$\zeta = \xi + \eta i, \quad z = r\,(\cos\varphi + i\sin\varphi),$$

d'où

$$\xi + \eta i = \tfrac{1}{4}\left[3r\,(\cos\varphi + i\sin\varphi) + \frac{1}{r^3}\,(\cos 3\varphi - i\sin 3\varphi\right]$$

et en égalant les parties réelles et les parties imaginaires de cette équation, on obtient

$$(2)\quad \begin{cases} \xi = \tfrac{1}{4}\left[3r\cos\varphi + \dfrac{1}{r^3}\cos 3\varphi\right], \\[2ex] \eta = \tfrac{1}{4}\left[3r\sin\varphi - \dfrac{1}{r^3}\sin 3\varphi\right]. \end{cases}$$

Ces deux équations déterminent deux systèmes de courbes suivant qu'on y regarde φ comme variable indépendante et r comme paramètre, ou r comme variable indépendante et φ comme paramètre. La quantité r étant constante pour chacune des courbes du premier système, les courbes correspondantes dans le plan (z) forment un système de circonférences concentriques dont le centre commun est l'origine, et comme pour chacune des courbes du second système φ est constant et r variable, les courbes correspondantes dans le plan (z) constituent un faisceau de droites qui sont toutes limitées d'un côté par l'origine. Les droites du faisceau rencontrent toutes les circonférences concentriques sous des angles droits. Ensuite de la similitude entre les plans (z) et (ζ), dans le plan (ζ) le second système de courbes est donc le système des trajectoires orthogonales du premier.

En regardant dans les équations (2) φ comme variable indépendante et en les comparant avec les équations générales des hypocycloïdes

$$x = (\mathrm{R} - \rho) \cos\left(\frac{\rho}{\mathrm{R}}\varphi\right) + p \cos\left(\frac{\mathrm{R}-\rho}{\mathrm{R}}\varphi\right),$$

$$y = (\mathrm{R} - \rho) \sin\left(\frac{\rho}{\mathrm{R}}\varphi\right) - p \sin\left(\frac{\mathrm{R}-\rho}{\mathrm{R}}\varphi\right),$$

où R signifie le rayon du cercle fixe, ρ le rayon du cercle mobile et p la distance du point générateur au centre du cercle mobile, on reconnaît que les courbes considérées sont des hypocycloïdes pour lesquelles $\mathrm{R} = r$, $\rho = \frac{1}{4} r$ et $p = \frac{1}{4r^3}$. On peut donc se figurer qu'un cercle de rayon $\frac{1}{4} r$ roule sans glisser sur un cercle fixe de rayon r, en restant toujours à l'intérieur d'un cercle fixe ; pendant ce mouvement, un point qui se trouve à la distance constante $\frac{1}{4r^3}$ du centre du cercle mobile, engendre une des hypocycloïdes.

Pour $r = 1$ la courbe devient *l'astroïde*

$$\xi = \tfrac{1}{4}[3 \cos \varphi + \cos 3\varphi] = \cos^3 \varphi,$$

$$\eta = \tfrac{1}{4}[3 \sin \varphi - \sin 3 \varphi] = \sin^3 \varphi,$$

ou

$$\xi^{\frac{2}{3}} + \eta^{\frac{2}{3}} = 1;$$

pour $r = \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$ on obtient *la rosace*

$$\xi = \frac{3}{4\sqrt[4]{3}} (\cos\varphi + \cos 3\varphi) = \frac{3}{2\sqrt[4]{3}} \cos 2\varphi \cos\varphi,$$

$$\eta = \frac{3}{4\sqrt[4]{3}} (\sin\varphi - \sin 3\varphi) = \frac{3}{2\sqrt[4]{3}} \cos 2\varphi \sin\varphi,$$

ou en coordonnées polaires

$$\rho = \frac{3}{2\sqrt[4]{3}} \cos 2\psi.$$

Dans les cas limites $r = 0$ et $r = \infty$ la courbe est une circonférence de rayon infiniment grand. Tant que $1 > r > \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$, les courbes possèdent quatre points doubles situés symétriquement sur les axes coordonnés; pour $r = 1$ (astroïde) ces points deviennent des points de rebroussement de la première espèce dont les coordonnées sont $x = \pm 1$, $y = 0$ et $x = 0$, $y = \pm 1$ et pour $r = \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$ (rosace), les quatre points doubles coïncident à l'origine et forment ainsi un point quadruple. Si $r < \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$, les courbes montrent huit points doubles, situés symétriquement sur les axes coordonnés et les bissectrices des angles que font entre eux les axes coordonnés et si enfin $r > 1$, elles ne possèdent plus de points multiples.

Reprenons les équations (2) et supposons r variable.

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} \xi &= \tfrac{1}{4} \left[3r \cos\varphi + \frac{1}{r^3} \cos 3\varphi\right], \\ \eta &= \tfrac{1}{4} \left[3r \sin\varphi - \frac{1}{r^3} \sin 3\varphi\right], \quad (r \text{ variable}). \end{aligned} \right.$$

Parmi les trajectoires orthogonales se trouvent comme cas spéciaux les axes coordonnés et les droites $\eta = \pm \xi$; les premiers s'obtiennent en faisant $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ et $\varphi = 0$, les dernières en faisant $\varphi = \frac{1}{4}\pi$ et $\varphi = \frac{3}{4}\pi$. A l'exception de ces quatre lignes, toutes les courbes possèdent les deux asymptotes $\eta = \xi \operatorname{tg} \varphi$ et $\eta = - \xi \operatorname{tg} 3\varphi$.

Les résultats trouvés jusqu'ici peuvent se résumer comme il suit. Les deux plans (z) et (ζ) étant mis en relation par l'intermédiaire de la fonction

$$\zeta = \tfrac{1}{4}\left[3z + \frac{1}{z^3}\right]$$

et le plan (z) étant regardé comme plan original, les images des axes coordonnés du plan (z) sont les axes coordonnés du plan (ζ), celles des bissectrices des angles que font entre eux les axes coordonnés du plan (z) sont encore les droites qui ont la même signification pour le plan (ζ); au système des circonférences concentriques $r = \text{const}$ du plan (z) correspondent les hypocycloïdes

$$\xi = \tfrac{1}{4}\left[3r \cos \varphi + \frac{1}{r^3} \cos 3\varphi\right],$$

$$\eta = \tfrac{1}{4}\left[3r \sin \varphi - \frac{1}{r^3} \sin 3\varphi\right], \quad (r = \text{const})$$

et enfin au faisceau de rayons $\varphi = \text{const.}$ correspondent les trajectoires orthogonales des hypocycloïdes.

Après avoir considéré la représentation du plan (z) sur le plan (ζ), il reste maintenant à étudier aussi les relations qui existent entre le plan (ζ), envisagé comme plan original, et le plan (z), envisagé comme image du plan (ζ). En d'autres termes : Etudions la représentation transmise par la fonction inverse de la fonction ζ.

En premier lieu, il importe de savoir s'il y a, outre les axes coordonnés et les lignes de 45°, encore d'autres courbes dans le plan (z) qui correspondent aux axes coordonnés et aux droites $\eta = \pm \xi$ du plan (ζ). A cet effet, cherchons par exemple la relation qui doit exister entre r et φ pour qu'on ait continuellement $\eta = 0$. De l'équation $\eta = 0$, ou

$$\tfrac{1}{4}\left[3r\sin\varphi - \frac{1}{r^3}\sin 3\varphi\right] = \tfrac{1}{4}\sin\varphi\left[3r - \frac{1}{r^3}(3 - 4\sin^2\varphi)\right] = 0$$

on tire, en faisant abstraction du facteur $\sin\varphi$, qui donne l'axe réel,

$$r = \sqrt[4]{\tfrac{1}{3}(1 + 2\cos 2\varphi)}.$$

C'est l'équation en coordonnées polaires de la courbe cherchée qui, outre l'axe réel, correspond à l'axe réel du plan (ζ).

D'une manière analogue, on trouve pour la courbe correspondant à l'axe imaginaire du plan (ζ), abstraction faite de l'axe imaginaire du plan (z), l'équation

$$r = \sqrt[4]{\tfrac{1}{3}(1 - 2\cos 2\varphi)}.$$

Ces deux courbes ne diffèrent que par leur position ; la seconde s'obtient en tournant la première d'un angle droit. Elles se rencontrent à l'origine, où elles possèdent un point double, et en outre aux quatre points $r = \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$, $\varphi = \pm \frac{1}{4}\pi$, $r = \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$, $\varphi = \pm \frac{3}{4}\pi$; en ces quatre points symétriques qui correspondent tous à l'origine du plan (ζ), elles font entre elles des angles droits, comme l'exige la similitude des plans (z) et (ζ).

Pour trouver les courbes du plan (z) qui, en outre des bissectrices des angles que font les axes coordonnés, correspondent aux lignes de 45° du plan (ζ), il suffit de poser $\xi = \eta$, ou

$$\tfrac{1}{4}\left[3r\cos\varphi + \frac{1}{r^3}\cos 3\varphi\right] = \tfrac{1}{4}\left[3r\sin\varphi - \frac{1}{r^3}\sin 3\varphi\right],$$

et $\xi = -\eta$ ou

$$\tfrac{1}{4}\left[3r\cos\varphi + \frac{1}{r^3}\cos 3\varphi\right] = -\tfrac{1}{4}\left[3r\sin\varphi - \frac{1}{r^3}\sin 3\varphi\right].$$

La première de ces équations peut s'écrire

$$3r(\cos\varphi - \sin\varphi) + \frac{1}{r^3}(\cos 3\varphi + \sin 3\varphi) =$$

$$= (\cos\varphi - \sin\varphi)\left[3r + \frac{1}{r^3}(1 + 2\sin 2\varphi)\right] = 0.$$

De là on tire, en faisant abstraction du facteur $(\cos\varphi - \sin\varphi)$ qui donne la droite $\eta = \xi$,

$$r = \sqrt[4]{-\tfrac{1}{3}(1 + 2\sin 2\varphi)}.$$

D'une manière analogue on obtient de la seconde équation

$$r = \sqrt[4]{-\tfrac{1}{3}(1 - 2\sin 2\varphi)}.$$

Ces deux courbes sont encore égales. Elles ont, comme les précédentes, plus ou moins la forme de lemniscates. Les sommets de la première se trouvent aux points $r = \pm\frac{1}{\sqrt[4]{3}}$, $\varphi = -\frac{1}{4}\pi$, ceux de la seconde aux points $r = \pm\frac{1}{\sqrt[4]{3}}$, $r = \frac{1}{4}\pi$. En ces quatre points ces courbes rencontrent les premières sous des angles de 45°, comme cela doit être.

La fonction ζ est une fonction uniforme de z, tandis que z est une fonction quadriforme de ζ. Ce fait se trouve vérifié par la représentation géométrique que nous venons d'étudier. En effet, tandis que par le système des circonférences concentriques ($r =$ const.) chaque point du plan (z) est simplement couvert, le système des hypocycloïdes (2) couvre chaque point du plan (ζ) quatre fois. En d'autres termes : Tandis qu'à chaque point du plan (z) ne correspond qu'un seul point du plan (ζ), à chaque point du plan (ζ) correspondent en général quatre points différents du plan (z) (fig. 9, pl. XI). Il n'y a que les cinq points $\zeta = \pm 1$, $\zeta = \pm i$, $\zeta = \infty$ qui fassent exception. Car en faisant varier le paramètre r dans les équations des hypocycloïdes de 0 à ∞ d'une manière continue et en observant le changement qu'éprouvent ces courbes par cette opération, on remarque facilement que les quatre points $\zeta = \pm 1$, $\zeta = \pm i$ ne peuvent être couverts que trois fois et le point $\zeta = \infty$ seulement deux fois. De là nous concluons que pour $\zeta = \pm 1$, $\zeta = \pm i$ deux valeurs de z coïncident, et que pour $\zeta = \infty$ trois valeurs de z coïncident. Par un calcul simple, on trouve en effet le tableau suivant :

$\zeta =$	1	-1	i	$-i$	∞
$z =$	1	-1	i	$-i$	∞
	1	-1	i	$-i$	0
	$\frac{-1+i\sqrt{2}}{3}$	$\frac{1-i\sqrt{2}}{3}$	$\frac{-i+\sqrt{2}}{3}$	$\frac{i-\sqrt{2}}{3}$	0
	$\frac{-1-i\sqrt{2}}{3}$	$\frac{1+i\sqrt{2}}{3}$	$\frac{-i-\sqrt{2}}{3}$	$\frac{i+\sqrt{2}}{3}$	0

La surface de Riemann, par rapport à laquelle la fonction quadriforme z peut être considérée comme une fonction uniforme, se compose de quatre nappes, dont deux sont en connexion aux points $\zeta = \pm 1$, $\zeta = \pm i$ et trois au point $\zeta = \infty$. Il s'agit maintenant de répartir convenablement sur les quatre nappes les quatre points superposés en chaque point du plan (ζ) et d'appliquer les lignes de passage de sorte que la transition d'une nappe à toutes les autres puisse se faire d'une manière continue. Guidé par les fig. 9 et 10 (pl. XI) mêmes, on atteint parfaitement le but proposé, en admettant comme lignes de passage : 1° Entre la première et la seconde nappe, les parties des axes coordonnés qui joignent les points -1 et $+1$ et les points $-i$ et $+i$; 2° entre la seconde et la troisième nappe, les bissectrices des angles que font entre eux les axes coordonnés, et 3° entre la troisième et la quatrième nappe, les axes coordonnés illimités (fig. 4, 5, 6, pl. X). Toutes ces lignes passent par l'origine; mais l'origine n'étant pas un point singulier, il faut qu'à un point mobile, partant d'une nappe et faisant le tour du point 0, un seul tour suffise pour revenir à la même nappe. C'est ce qui a effectivement lieu, comme le fait voir fig. 7, pl. X. Un point mobile qui ferait le tour du point $\zeta = \infty$, en partant, par exemple, de la seconde nappe, aurait besoin de trois tours complets pour revenir au point de départ (fig. 8, pl. X).

Par cette disposition des nappes, l'astroïde $\xi^{\frac{2}{3}} + \eta^{\frac{2}{3}} = 1$, ainsi que toutes les hypocycloïdes pour lesquelles $r > 1$ se trouvent dans la première nappe. La rosace $\rho = \frac{3}{2\sqrt[4]{3}} \cos 2\psi$ est entièrement située dans la seconde nappe, à l'exception du point quadruple, dont on peut, si l'on veut, répartir les quatre points simples sur les quatre nappes. Les courbes pour lesquelles $1 > r > \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$ sont toutes situées en partie dans la seconde et en partie dans la première nappe, et les courbes enfin, pour lesquelles $r < \frac{1}{\sqrt[4]{3}}$, n'ont plus de points dans la première nappe, mais bien dans chacune des trois autres nappes. La fig. 9, pl. XI, où toutes les courbes sont tirées en plein, contient quelques représentants du système des hypocycloïdes et de leurs trajectoires orthogonales. Les fig. 11, 12, 13 et 14, pl. XII et XIII, qui ne sont que les copies de la précédente, font voir, par la distribution différente des lignes tirées en plein et des lignes ponctuées, la répartition des courbes sur les différentes nappes. Le plan (z), l'image de la surface de Riemann, est représenté dans la fig. 10, pl. XI; les parties du plan correspondant aux différentes nappes, y sont munies des chiffres respectifs.

A l'aide de cette dernière figure on est à même d'indiquer la nappe dans laquelle doit avoir lieu la rencontre sous un angle droit d'une trajectoire quelconque avec chacune des hypocycloïdes.

Le plan (z), après en avoir détaché l'intérieur du cercle des unités, correspond uniformément à la première nappe, après en avoir découpé l'intérieur de l'astroïde $\xi^{\frac{2}{3}} + \eta^{\frac{2}{3}} = 1$. Par conséquent, la fonction z sert d'intermédiaire à la représentation conforme de l'extérieur de l'astroïde $\xi^{\frac{2}{3}} + \eta^{\frac{2}{3}} = 1$ sur l'extérieur du cercle des unités $x^2 + y^2 = 1$.

S'il s'agissait de la représentation conforme de l'extérieur de l'astroïde $\xi^{\frac{2}{3}} + \eta^{\frac{2}{3}} = 1$ sur l'intérieur du cercle des unités $x^2 + y^2 = 1$, il suffirait de substituer à la fonction z une autre fonction Z, liée à la première par l'équation $Z = \frac{1}{z}$. Traduite en géométrie, cette substitution équivaut à une transformation moyennant les rayons vecteurs réciproques.

II.

Les résultats obtenus précédemment par l'étude synthétique de la fonction z, se trouvent vérifiés par l'analyse suivante :

Pour résoudre l'équation du quatrième degré

$$\zeta = \tfrac{1}{4}\left(3z + \frac{1}{z^3}\right)$$

ou (3) $$z^4 - \tfrac{4}{3}\zeta z^3 + \tfrac{1}{3} = 0$$

par rapport à z, appliquons la méthode d'*Euler*. A cet effet, posons $z = x + \frac{1}{3}\zeta$; l'équation précédente se transforme en

$$x^4 - \tfrac{2}{3}\zeta^2 x^2 - \tfrac{8}{27}\zeta^3 x - \tfrac{1}{27}\zeta^4 + \tfrac{1}{3} = 0.$$

Les racines de cette dernière équation s'obtiennent moyennant celles de l'équation du troisième degré

$$w^3 - \tfrac{4}{3}\zeta^2 w^2 + \tfrac{4}{3}\left(\tfrac{4}{9}\zeta^4 - 1\right) w - \frac{64}{9^3}\zeta^6 = 0,$$

qui, par la substitution $w = s + \frac{4}{9}\zeta^2$ prend la forme plus simple

$$(4) \qquad s^3 - \tfrac{4}{3}s - \tfrac{16}{27}\zeta^2 = 0.$$

En posant

$$u = \tfrac{2}{3}\sqrt[3]{\zeta^2 + \sqrt{\zeta^4 - 1}}, \quad v = \tfrac{4}{9}\tfrac{1}{u} = \tfrac{2}{3}\sqrt[3]{\zeta^2 - \sqrt{\zeta^4 - 1}}$$

et en désignant les racines cubiques conjuguées de l'unité par α et α^2 de sorte que

$$\alpha = \frac{-1 + i\sqrt{3}}{2}, \ \alpha^2 = \frac{-1 - i\sqrt{3}}{2}, \ \alpha + \alpha^2 = -1,$$

$$\alpha - \alpha^2 = i\sqrt{3},$$

les trois racines de l'équation (4) seront données par

$$s_1 = u + v, \ s_2 = \alpha u + \alpha^2 v, \ s_3 = \alpha^2 u + \alpha v.$$

Les quatre racines de l'équation (3), enfin, sont, si on pose encore pour plus de simplicité

$$t_1 = \sqrt{\tfrac{4}{9}\zeta^2 + s_1}, \ t_2 = \sqrt{\tfrac{4}{9}\zeta^2 + s_2}, \ t_3 = \sqrt{\tfrac{4}{9}\zeta^2 + s_3}$$

ou

$$(5) \quad \left\{ \begin{aligned} z_1 &= \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[t_1 + t_2 + t_3], \\ z_2 &= \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[t_1 - t_2 - t_3], \\ z_3 &= \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[-t_1 + t_2 - t_3], \\ z_4 &= \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[-t_1 - t_2 + t_3], \end{aligned} \right.$$

ou

$$(5^a) \quad \left\{ \begin{aligned} z_1 &= \tfrac{1}{3}\zeta - \tfrac{1}{2}[t_1 + t_2 + t_3], \\ z_2 &= \tfrac{1}{3}\zeta - \tfrac{1}{2}[t_1 - t_2 - t_3], \\ z_3 &= \tfrac{1}{3}\zeta - \tfrac{1}{2}[-t_1 + t_2 - t_3], \\ z_4 &= \tfrac{1}{3}\zeta - \tfrac{1}{2}[-t_1 - t_2 + t_3]. \end{aligned} \right.$$

On appliquera le premier ou le second de ces deux systèmes, suivant que le produit $t_1\, t_2\, t_3$ sera égal à $\frac{8}{27}\zeta^3$ avec le même signe ou le signe contraire.

Pour fixer les idées, arrêtons-nous pour le moment au premier des deux systèmes. Chacune des quatre formules établit une relation uniforme entre ζ et z et représente, par conséquent, une branche de la fonction quadriforme z. En d'autres termes : Ces quatre formules correspondent une à une aux quatre nappes de la surface de Riemann qui accompagne la fonction z. Le rang qu'on veut attribuer à ces formules, ainsi que celui des quatre nappes, est tout-à-fait arbitraire, pourvu qu'on fasse la liaison des nappes d'une manière convenable. En conformité de ce qui précède, nous adopterons le rang indiqué par les indices de z dans le système (5).

En admettant la permutation entre les trois valeurs de u et les deux valeurs de t_1, t_2, t_3, chacune des formules (5) pourrait remplacer toutes les autres des systèmes (5) et (5^a). Par là, on perdrait l'avantage qu'offre la séparation des valeurs de z en quatre branches. Pour éviter toute confusion des valeurs de différentes branches, il faut donc une certaine convention. D'abord, en examinant les équations $\zeta = \frac{1}{4}\left[3z + \frac{1}{z^3}\right]$ et $s^3 - \frac{4}{3}s - \frac{16}{27}\zeta^2 = 0$, on reconnaît sans difficulté qu'en restant dans la même nappe :

1° A des valeurs égales et de signes contraires de ζ correspondent des valeurs égales de s et des valeurs égales et de signes contraires de z;

2° A des valeurs conjuguées $\xi + \eta i$ et $\xi - \eta i$ de ζ correspondent des valeurs conjuguées de s et des valeurs conjuguées de z;

3° A des valeurs $\xi \pm \eta i$, $-\xi \pm \eta i$ de ζ, qui sont symétriques par rapport à l'axe imaginaire, correspondent des valeurs conjuguées de s et des valeurs symétriques par rapport à l'axe imaginaire de z, et

4° A des valeurs $\xi + \eta i$, $\eta + \xi i$ de ζ, symétriques par rapport à la ligne de 45° $\eta = \xi$, correspondent des valeurs de s qui ne diffèrent que par les signes de leurs parties réelles et des valeurs de z, symétriques par rapport à la ligne de 45° $y = x$.

Ces observations permettent de ramener le calcul numérique des racines z pour une valeur quelconque donnée de ζ, au cas où ζ serait situé dans le premier quadrant et où, en même temps, la partie réelle de ζ serait plus grande que la partie imaginaire. Si, dans ce dernier cas, on pose encore les conditions que les parties réelles et imaginaires (sauf le cas où elles seraient nulles) des quantités $\sqrt{\zeta^4 - 1}$, u, t_1 et t_2 soient positives et que la somme des déviations de t_1, t_2 et t_3 soit égale à la déviation de ζ^3 ou n'en diffère que par un multiple de 2π, chacune des formules (5) ne fournira que les valeurs correspondant à une seule nappe, à celle qui répond à l'indice de z. Il va sans dire que le même but pourrait être atteint par d'autres conventions. Par celle que nous venons d'énoncer, le système des formules (5^a) devient superflu.

Les points de ramification de la fonction s sont $\zeta = \pm 1$, $\zeta = \pm i$ et $\zeta = \infty$; comme par la formation de z aucun de ces points n'est compensé par un autre, ces cinq points sont aussi les points de ramification de la fonction z. Pour nous en assurer et pour trouver en même temps la connexion des quatre nappes de la surface de Riemann en ces cinq points, nous développerons la fonction z en séries, ordonnées selon des puissances ascendantes de $(\zeta - 1)$, $(\zeta + 1)$, $(\zeta - i)$, $(\zeta + i)$, et de $\frac{1}{\zeta}$, en ne conservant des séries que le nombre nécessaire de termes.

Développement de z pour le voisinage de $\zeta = 1$.

Posant pour plus de brièveté $\zeta - 1 = t$, d'où $\zeta = 1 + t$, on obtient successivement :

$$\sqrt{\zeta^4 - 1} = 2\sqrt{t}\sqrt{1 + \tfrac{3}{2}t + t^2 + \tfrac{1}{4}t^3} = 2\sqrt{t}\left[1 + \tfrac{3}{4}t + \tfrac{7}{32}t^2 \ldots\right]$$
$$= 2t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{3}{2}t^{\frac{3}{2}} + \tfrac{7}{16}t^{\frac{5}{2}} \ldots;$$

$$\zeta^2 + \sqrt{\zeta^4 - 1} = 1 + 2t + t^2 + 2t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{3}{2}t^{\frac{3}{2}} + \tfrac{7}{16}t^{\frac{5}{2}} \ldots =$$
$$= 1 + 2t^{\frac{1}{2}} + 2t + \tfrac{3}{2}t^{\frac{3}{2}} \ldots;$$

$$u = \tfrac{2}{3}\sqrt[3]{\zeta^2 + \sqrt{\zeta^4 - 1}} = \tfrac{2}{3}\sqrt[3]{1 + 2t^{\frac{1}{2}} + 2t + \tfrac{3}{2}t^{\frac{3}{2}} \ldots} =$$
$$= \tfrac{2}{3}\left[1 + \tfrac{2}{3}t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{2}{9}t \ldots\right];$$

$$v = \tfrac{4}{9}\frac{1}{u} = \tfrac{2}{3}\left[1 - \tfrac{2}{3}t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{2}{9}t \ldots\right];$$

$$s_1 = u + v = \tfrac{4}{3} + \tfrac{8}{27}t \ldots,$$

$$s_2 = \alpha u + \alpha^2 v = \tfrac{2}{3}[\alpha + \alpha^2) + \tfrac{2}{3}(\alpha - \alpha^2)t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{2}{9}(\alpha + \alpha^2)t \ldots] =$$
$$= \tfrac{2}{3}\left[-1 + \tfrac{2}{3}i\sqrt{3}\,t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{2}{9}t \ldots\right] = -\tfrac{2}{3} + \tfrac{4}{9}i\sqrt{3}\,t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{4}{27}t \ldots,$$

$$s_3 = \alpha^2 u + \alpha v = \tfrac{2}{3}\left[(\alpha^2 + \alpha) + \tfrac{2}{3}(\alpha^2 - \alpha)t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{2}{9}(\alpha^2 + \alpha)t \ldots\right] =$$
$$= \tfrac{2}{3}\left[-1 - \tfrac{2}{3}i\sqrt{3}\,t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{2}{9}t \ldots\right] = -\tfrac{2}{3} - \tfrac{4}{9}i\sqrt{3}\,t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{4}{27}t \ldots;$$

$$t_1 = \sqrt{\tfrac{4}{9}\zeta^2 + s_1} = \sqrt{\tfrac{16}{9} + \tfrac{32}{27}t \ldots} = \tfrac{4}{3}\sqrt{1 + \tfrac{2}{3}t \ldots} =$$
$$= \tfrac{4}{3}\left[1 + \tfrac{1}{3}t \ldots\right] = \tfrac{4}{3} + \tfrac{4}{9}t \ldots,$$

$$t_2 = \sqrt{\tfrac{4}{9}\zeta^2 + s_2} = \sqrt{-\tfrac{2}{9} + \tfrac{4}{9}i\sqrt{3}\,t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{20}{27}t \ldots} =$$
$$= +\frac{i}{3}\sqrt{2}\sqrt{1 - 2i\sqrt{3}\,t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{10}{3}t \ldots} =$$
$$= \frac{i}{3}\sqrt{2}\left[1 - i\sqrt{3}\,t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{1}{6}t \ldots\right] = \frac{i}{3}\sqrt{2} + \frac{\sqrt{6}}{3}t^{\frac{1}{2}} - \frac{i\sqrt{2}}{18}t \ldots,$$

$$t_3 = -\sqrt{\tfrac{4}{9}\zeta^2 + s_3} = -\sqrt{-\tfrac{2}{9} - \tfrac{4}{9} i\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{20}{27} t \ldots} =$$

$$= -\frac{i}{3}\sqrt{2}\sqrt{1 + 2i\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{10}{3} t \ldots} =$$

$$= -\frac{i}{3}\sqrt{2}[1 + i\sqrt{3} t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{1}{6} t \ldots] = -\frac{i}{3}\sqrt{2} + \frac{\sqrt{6}}{3} t^{\frac{1}{2}} + \frac{i\sqrt{2}}{18} t \ldots;$$

$$z_1 = \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[t_1 + t_2 + t_3] = 1 + \frac{\sqrt{6}}{3} t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9} t \ldots$$

$$z_2 = \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[t_1 - t_2 - t_3] = 1 - \frac{\sqrt{6}}{3} t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9} t \ldots$$

$$z_3 = \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[-t_1 + t_2 - t_3] = \frac{-1 + i\sqrt{2}}{3} + \frac{2 - i\sqrt{2}}{18} t \ldots$$

$$z_4 = \tfrac{1}{3}\zeta + \tfrac{1}{2}[-t_1 - t_2 + t_3] = -\frac{1 + i\sqrt{2}}{3} + \frac{2 + i\sqrt{2}}{18} t \ldots$$

Résumons les résultats trouvés :

$$s_1 - \tfrac{4}{3} = \tfrac{8}{27} t \ldots$$

$$s_2 + \tfrac{2}{3} = \tfrac{4}{9} i\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{4}{27} t \ldots$$

$$s_3 + \tfrac{2}{3} = -\tfrac{4}{9} i\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{4}{27} t \ldots$$

$$t_1 - \tfrac{4}{3} = \tfrac{4}{9} t \ldots,$$

$$t_2 - \frac{i}{3}\sqrt{2} = \frac{\sqrt{6}\, t^{\frac{1}{2}}}{3} - \frac{i\sqrt{2}}{18} t \ldots,$$

$$t_3 + \frac{i}{3}\sqrt{2} = \frac{\sqrt{6}}{3} t^{\frac{1}{2}} + \frac{i\sqrt{2}}{18} t \ldots;$$

$$(6)\quad \begin{cases} z_1 - 1 = \dfrac{\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \frac{5}{9}\, t \ldots, \\[2ex] z_2 - 1 = -\dfrac{\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \frac{5}{9}\, t \ldots, \\[2ex] z_3 + \dfrac{1 - i\sqrt{2}}{3} = \dfrac{2 - i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots, \\[2ex] z_4 + \dfrac{1 + i\sqrt{2}}{3} = \dfrac{2 + i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots. \end{cases}$$

Les développements selon les puissances ascendantes de $(\zeta + 1)$, $(\zeta - i)$ et $(\zeta + i)$ s'obtiennent de la même manière; toutefois, quant au choix des signes, on ne perdra pas de vue les observations faites p. 190 et 191 *Bull.*, *Sép.* 16 et 17. Nous nous bornons à indiquer les résultats.

Développement de z pour le voisinage de $\zeta = -1$.

En désignant $\zeta + 1$ par t, on a:

$$\begin{aligned} & s_1 - \tfrac{4}{3} = -\tfrac{8}{27}\, t \ldots, \\ & s_2 + \tfrac{2}{3} = -\tfrac{4}{9}\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{4}{27}\, t \ldots, \\ & s_3 + \tfrac{2}{3} = \tfrac{4}{9}\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{4}{27}\, t \ldots; \\ & t_1 + \tfrac{4}{3} = \tfrac{4}{9}\, t \ldots, \\ & t_2 + \frac{i\sqrt{2}}{3} = -\frac{i\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} - \frac{i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots, \\ & t_3 - \frac{i\sqrt{2}}{3} = -\frac{i\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \frac{i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots; \end{aligned}$$

$$(7)\quad \left\{\begin{aligned} & z_1 + 1 = -\frac{i\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9}\, t \dots, \\ & z_2 + 1 = \frac{i\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9}\, t \dots, \\ & z_3 - \frac{1 - i\sqrt{2}}{3} = \frac{2 - i\sqrt{2}}{18}\, t \dots, \\ & z_4 - \frac{1 + i\sqrt{2}}{3} = \frac{2 + i\sqrt{2}}{18}\, t \dots \end{aligned}\right.$$

Développement de z pour le voisinage de $\zeta = +i$.

Si l'on pose $\zeta - i = t$, il vient :

$$\begin{aligned} & s_1 + \tfrac{4}{3} = \tfrac{8}{27}\, it \dots, \\ & s_2 - \tfrac{2}{3} = \tfrac{4}{9}\sqrt{3}\, i\sqrt{-i}\, t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{4}{27}\, it \dots, \\ & s_3 - \tfrac{2}{3} = -\tfrac{4}{9}\sqrt{3}\, i\sqrt{-i}\, t^{\frac{1}{2}} - \tfrac{4}{27}\, it \dots; \\ & t_1 - \tfrac{4}{3}\, i = \tfrac{4}{9}\, t \dots, \\ & t_2 - \tfrac{1}{3}\sqrt{2} = \frac{\sqrt{6}}{3}\, i\sqrt{-i}\, t^{\frac{1}{2}} + \frac{i\sqrt{2}}{18}\, t \dots, \\ & t_3 + \tfrac{1}{3}\sqrt{2} = \frac{\sqrt{6}}{3}\, i\sqrt{-i}\, t^{\frac{1}{2}} - \frac{i\sqrt{2}}{18}\, t \dots; \end{aligned}$$

$$(8)\quad \left\{\begin{aligned} & z_1 - i = \frac{\sqrt{6}}{3}\, i\sqrt{-i}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9}\, t \dots, \\ & z_2 - i = -\frac{\sqrt{6}}{3}\, i\sqrt{-i}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9}\, t \dots, \\ & z_3 - \frac{\sqrt{2} - i}{3} = \frac{2 + i\sqrt{2}}{18}\, t \dots, \\ & z_4 + \frac{i + \sqrt{2}}{3} = \frac{2 - i\sqrt{2}}{18}\, t \dots \end{aligned}\right.$$

Développement de z pour le voisinage de $\zeta = -i$.

Posant $\zeta + i = t$, il vient :

$$s_1 + \tfrac{4}{3} = -\tfrac{8}{27}\, it \ldots,$$

$$s_2 - \tfrac{2}{3} = \tfrac{4}{9}\, i\sqrt{i}\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{4}{27}\, it \ldots,$$

$$s_3 - \tfrac{2}{3} = -\tfrac{4}{9}\, i\sqrt{i}\sqrt{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{4}{27}\, it \ldots;$$

$$t_1 + \tfrac{4}{3}\, i = \tfrac{4}{9}\, t \ldots,$$

$$t_2 + \tfrac{1}{3}\sqrt{2} = -\frac{i\sqrt{i}\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} + \frac{i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots,$$

$$t_3 - \tfrac{1}{3}\sqrt{2} = -\frac{i\sqrt{i}\sqrt{6}}{3}\, t^{\frac{1}{2}} - \frac{i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots;$$

$$(9) \left\{ \begin{aligned} & z_1 + i = -\frac{\sqrt{6}}{3}\, i\sqrt{i}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9}\, t \ldots, \\ & z_2 + i = \frac{\sqrt{6}}{3}\, i\sqrt{i}\, t^{\frac{1}{2}} + \tfrac{5}{9}\, t \ldots, \\ & z_3 - \frac{i - \sqrt{2}}{3} = \frac{2 + i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots, \\ & z_4 - \frac{i + \sqrt{2}}{3} = \frac{2 - i\sqrt{2}}{18}\, t \ldots \end{aligned} \right.$$

Développement de z pour le voisinage de $\zeta = \infty$.

En substituant $\zeta = \dfrac{1}{t}$ de sorte qu'à $\zeta = \infty$ correspond $t = 0$, on trouve :

$$s_1 = \tfrac{2}{3}\sqrt[3]{2}\, t^{-\frac{2}{3}} + \tfrac{1}{3}\sqrt[3]{4}\, t^{\frac{2}{3}} - \tfrac{1}{18}\sqrt[3]{2}\, t^{\frac{10}{3}} \ldots,$$

$$s_2 = \tfrac{2}{3}\sqrt[3]{2}\,.\,\alpha\, t^{-\frac{2}{3}} + \tfrac{1}{3}\sqrt[3]{4}\,.\,\alpha^2\, t^{\frac{2}{3}} - \tfrac{1}{18}\sqrt[3]{2}\,.\,\alpha\, t^{\frac{10}{3}} \ldots,$$

$$s_3 = \tfrac{2}{3}\sqrt[3]{2}\,.\,\alpha^2\, t^{-\frac{2}{3}} + \tfrac{1}{3}\sqrt[3]{4}\,.\,\alpha\, t^{\frac{2}{3}} - \tfrac{1}{18}\sqrt[3]{2}\,.\,\alpha^2\, t^{\frac{10}{3}} \ldots;$$

$$t_1 = \frac{2}{3t} + \tfrac{1}{2}\sqrt[3]{2}\, t^{\frac{1}{3}} + \tfrac{1}{16}\sqrt[3]{4}\, t^{\frac{5}{3}} - \tfrac{3}{32} t^3 \ldots,$$

$$t_2 = \frac{2}{3t} + \tfrac{1}{2}\sqrt[3]{2}\,.\,\alpha\, t^{\frac{1}{3}} + \tfrac{1}{16}\sqrt[3]{4}\,.\,\alpha^2\, t^{\frac{5}{3}} - \tfrac{3}{32} t^3 \ldots,$$

$$t_3 = \frac{2}{3t} + \tfrac{1}{2}\sqrt[3]{2}\,.\,\alpha^2\, t^{\frac{1}{3}} + \tfrac{1}{16}\sqrt[3]{4}\,\alpha\, t^{\frac{5}{3}} - \tfrac{3}{32} t^3 \ldots;$$

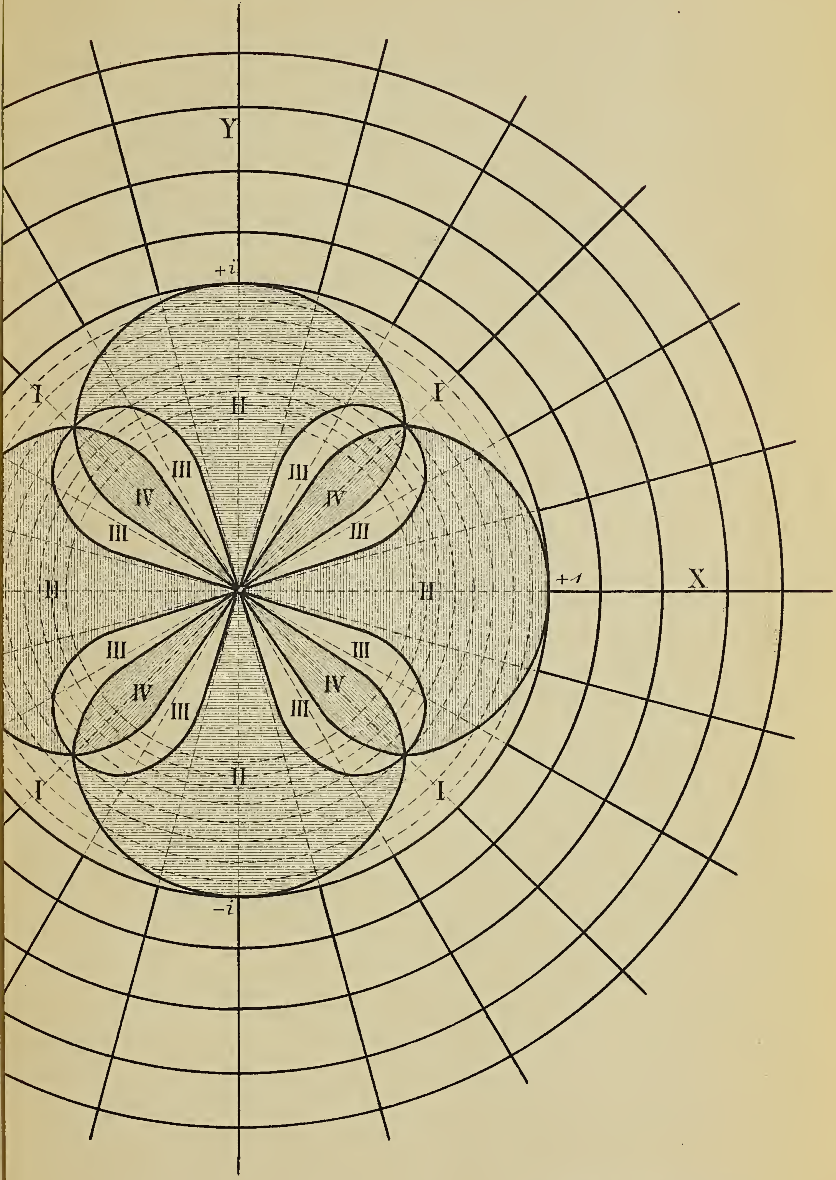
$$(10)\quad \begin{cases} z_1 = \dfrac{4}{3t} - \tfrac{9}{64} t^3 \ldots, \\ z_2 = \tfrac{1}{2}\sqrt[3]{2}\, t^{\frac{1}{3}} + \tfrac{1}{16}\sqrt[3]{4}\, t^{\frac{5}{3}} - \tfrac{3}{32} t^3 \ldots, \\ z_3 = \tfrac{1}{2}\sqrt[3]{2}\,.\,\alpha\, t^{\frac{1}{3}} + \tfrac{1}{16}\sqrt[3]{4}\,.\,\alpha^2\, t^{\frac{5}{3}} - \tfrac{3}{32} t^3 \ldots, \\ z_4 = \tfrac{1}{2}\sqrt[3]{2}\,\alpha^2\, t^{\frac{1}{3}} + \tfrac{1}{16}\sqrt[3]{4}\,.\,\alpha\, t^{\frac{5}{3}} - \tfrac{3}{32} t^3 \ldots \end{cases}$$

Ces développements confirment d'abord que les cinq points nommés sont des points de ramification. En outre, ils font connaître qu'aux points $\zeta = \pm 1$, $\zeta = \pm i$, la première et la seconde nappe de la surface de Riemann sont en connexion, tandis qu'au point $\zeta = \infty$ la jonction doit se faire entre la seconde, la troisième et la quatrième nappe. En effet, si on fait faire au point ζ, par exemple, le tour du point $\zeta = 1$, les puissances $(\zeta - 1)^{\frac{m}{2}}$, où m signifie un nombre entier impair, changeront de signe et les deux premières des séries (6) montrent, qu'alors z_1 passe en z_2 et réciproquement. Moyennant les séries (7), (8) et (9) on constate d'une manière analogue qu'aux points $\zeta = -1$, $\zeta = \pm i$, il y a transition entre les mêmes branches de la fonction z. En ces points la variable ζ, partant par exemple de la première nappe, aura besoin de deux tours pour y revenir. Les trois derniers des développements (10), enfin, font voir que si ζ fait une fois le tour du point $\zeta = \infty$ dans le sens des angles croissants, ou, ce qui revient au même, si $\frac{1}{\zeta} = t$ fait une fois le tour du point $t = 0$ dans le sens des angles décroissants, z_2 passe en z_4, z_4 en z_3 et z_3 en z_2; car par ce procédé, les puissances $t^{\frac{1}{3}}$, $t^{\frac{5}{3}}$, etc., prennent les facteurs $\frac{1}{\alpha} = \alpha^2$, $\frac{1}{\alpha^2} = \alpha$, etc. Par conséquent, au point $\zeta = \infty$ ce ne sera qu'après trois tours complets que le point mobile ζ, partant d'une certaine nappe, sera arrivé de nouveau au point de départ.

La connexion des nappes de la surface de Riemann étant connue, il y a en général plusieurs manières d'appliquer les lignes de passage. A l'aide des fig. 7 et 8, Pl. X, on s'assurera facilement que celle que nous venons d'adopter dans la première partie de ce travail, répond parfaitement à toutes les conditions posées par la nature même de la fonction z.

* * *

Fig: 10.


Y
+i
I
I
II
III
III
IV
IV
III
III
II
II
+1
X
III
III
IV
IV
III
III
II
I
I
−i

Lith: Jules Chappuis, Lausanne.

H. AMSTEIN.-Représentation conforme.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.-Vol. XV.-Pl. XI.

Fig: 9.

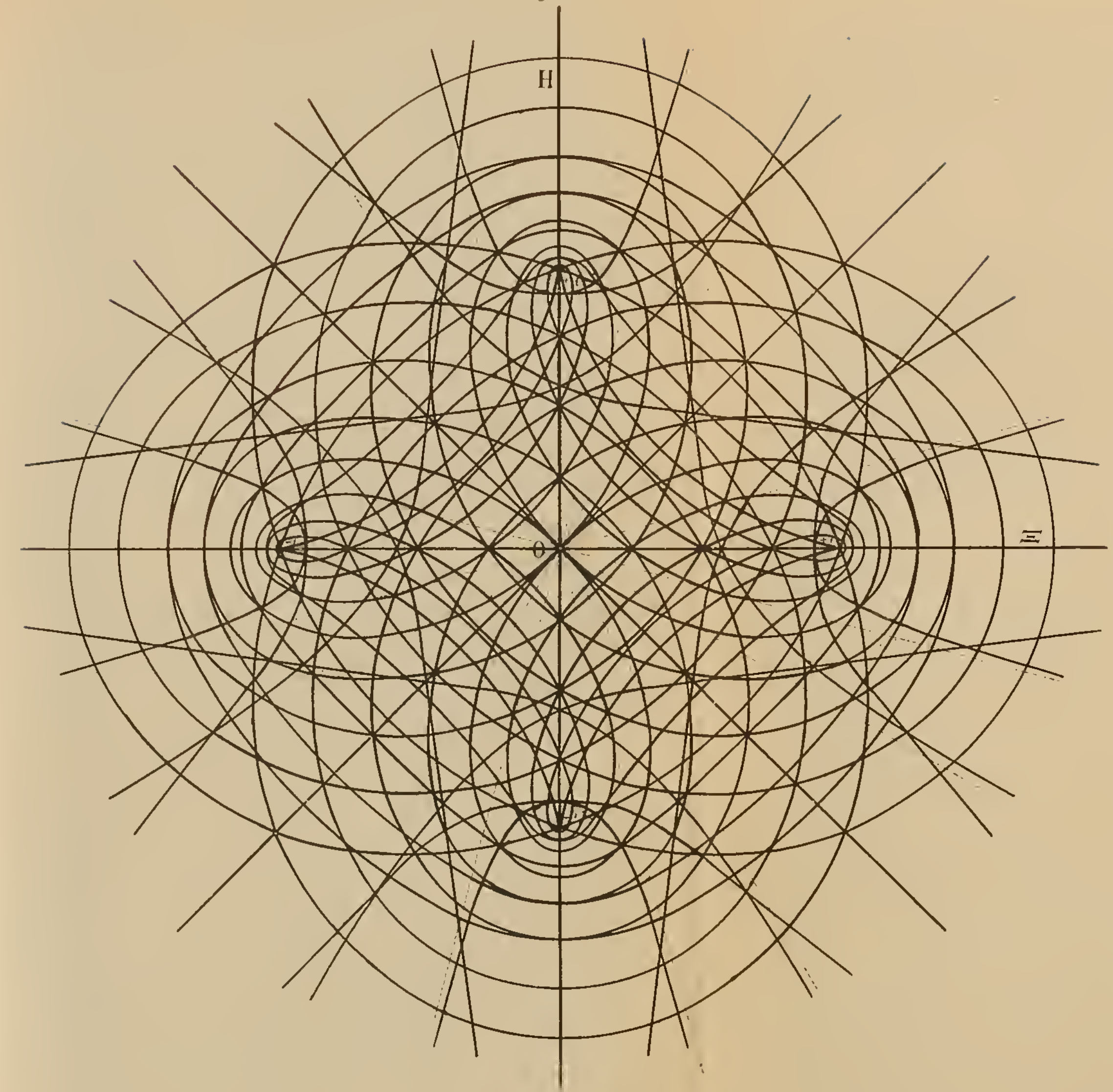
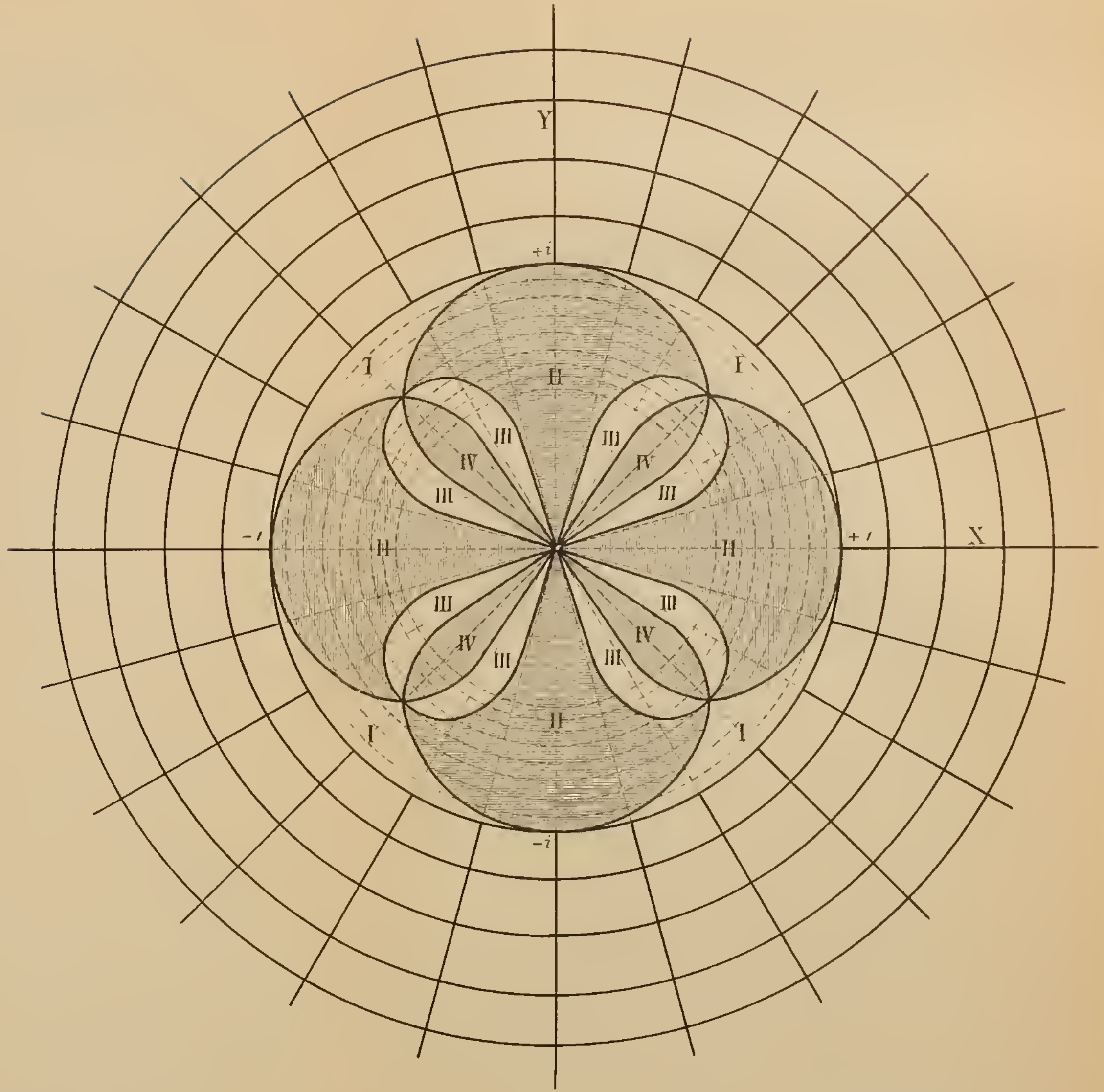
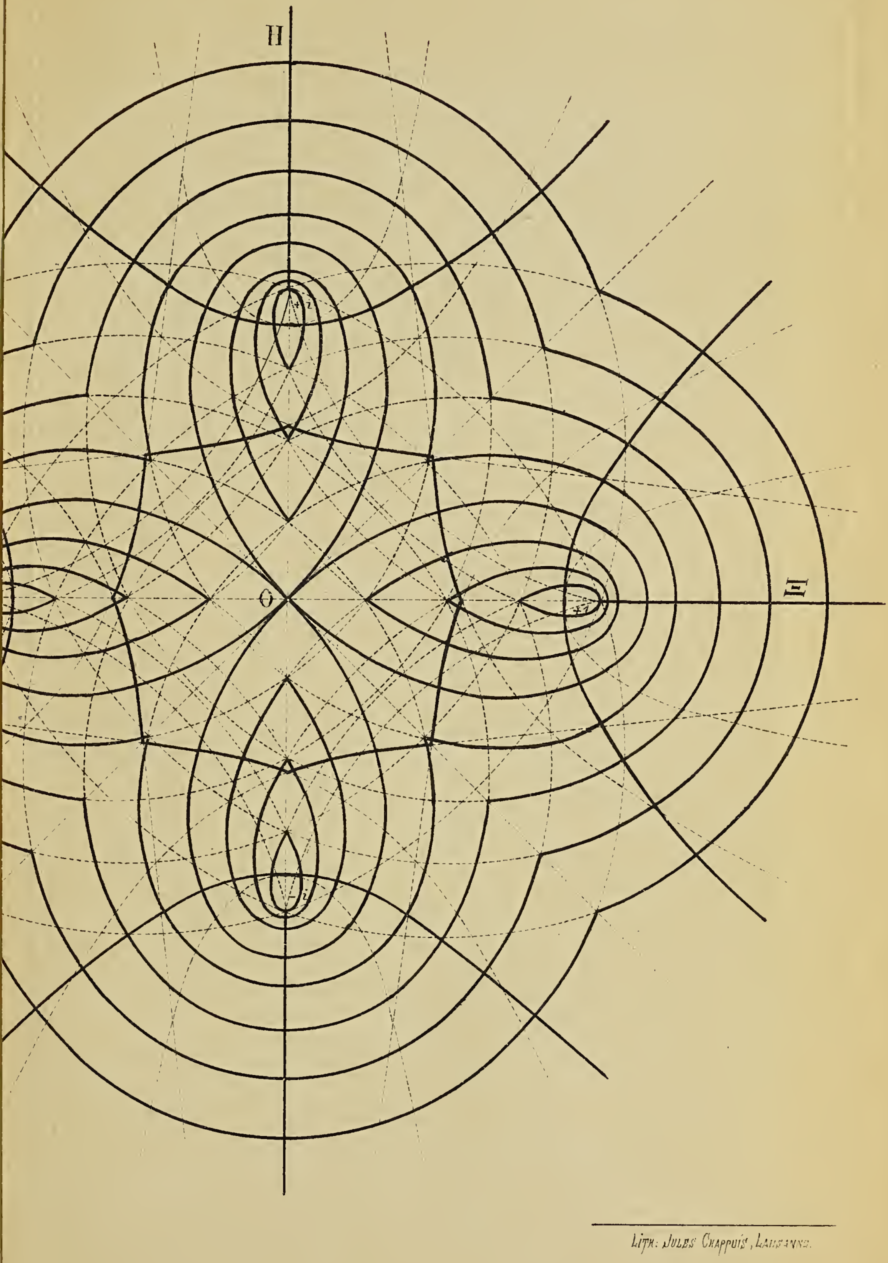


Fig: 10.


Y
+i
I
II
I
III
III
IV
IV
III
III
-1
II
II
+1
X
III
III
IV
IV
III
III
I
II
I
-i

Lith: Jules Chappuis, Lausanne

Fig: 12.



Lith: Jules Chappuis, Lausanne.

Fig: 11.

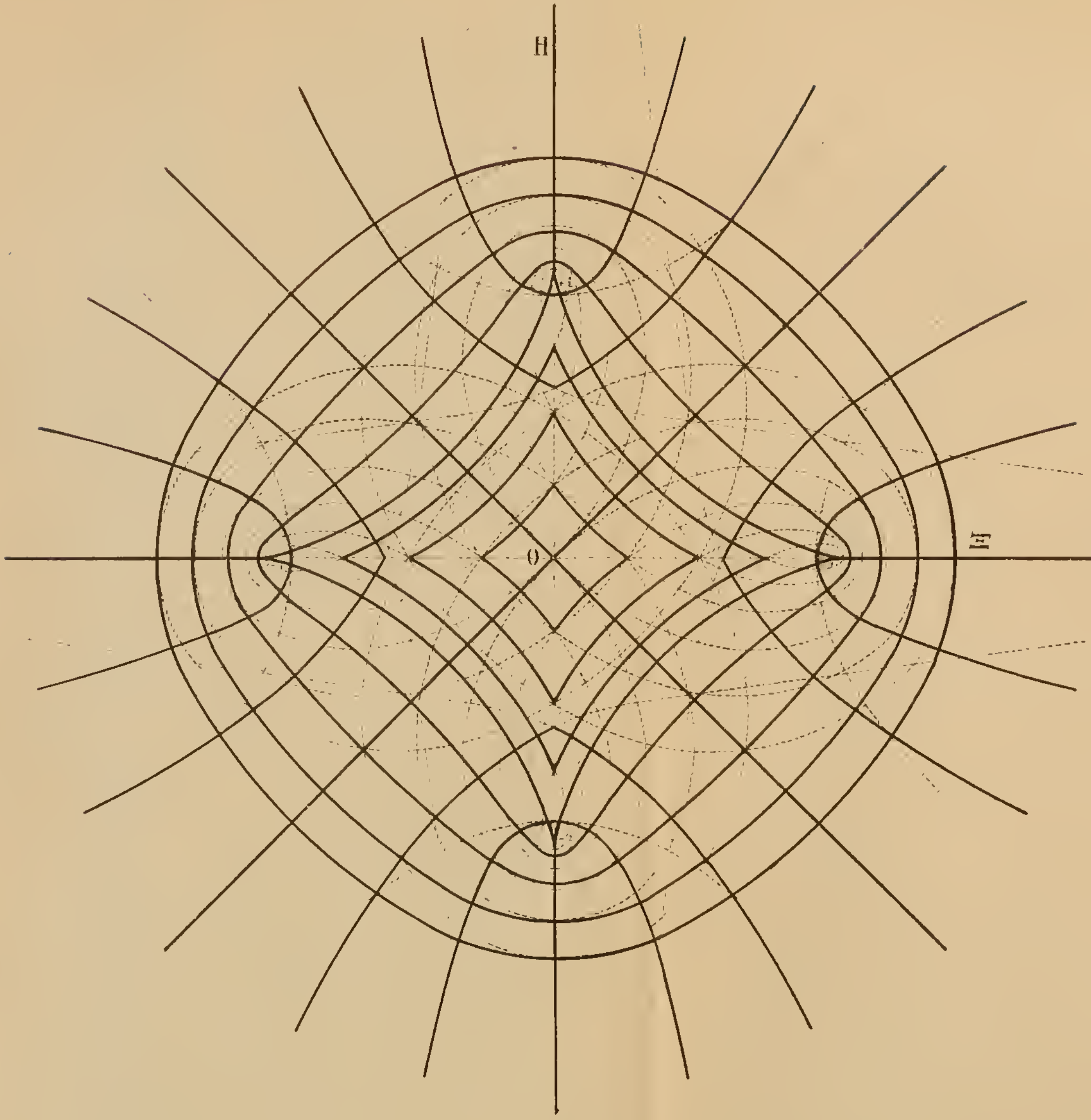
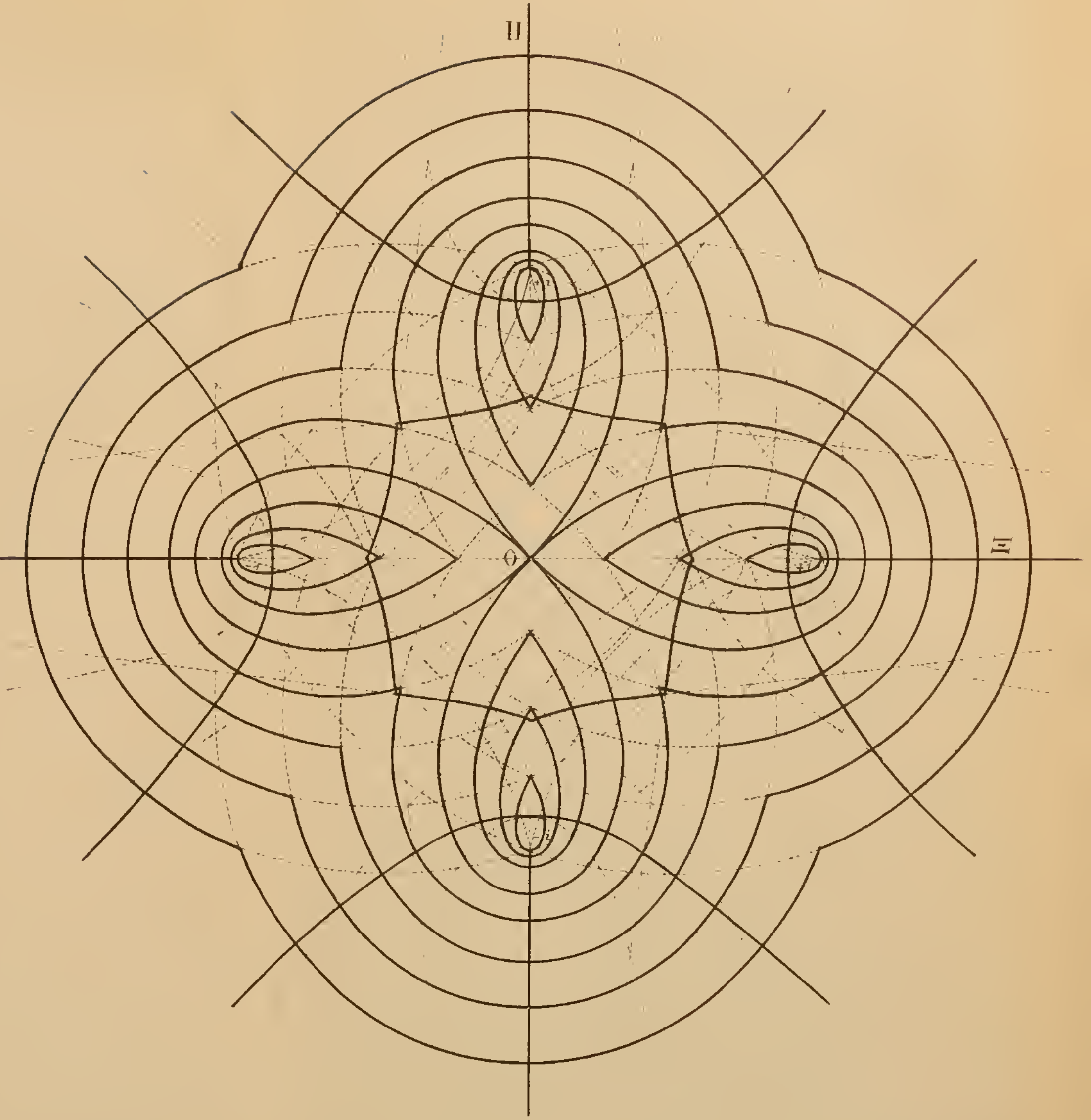
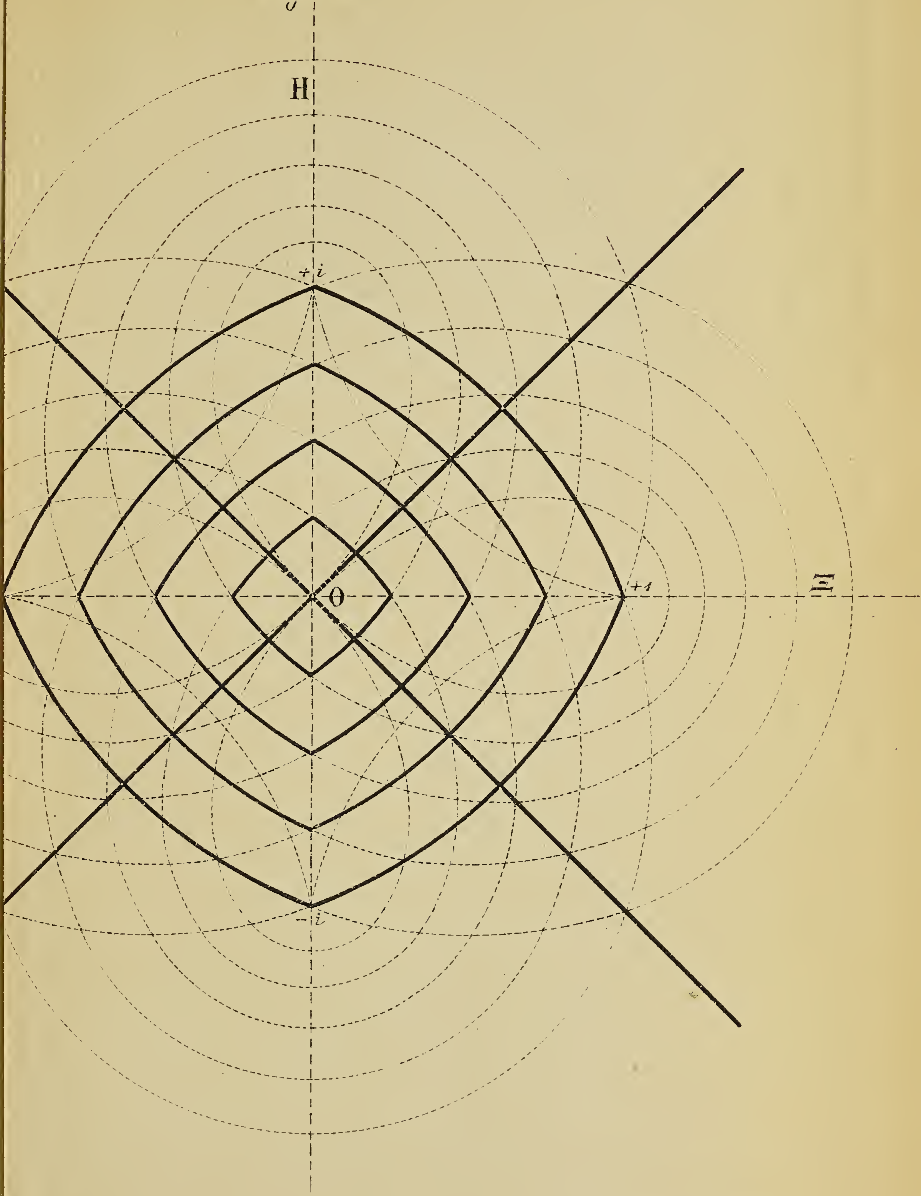


Fig: 12.



Lith. Jules Chappuis Lausanne

Fig: 14.



Lith. Jules Chappuis, Lausanne.

H. AMSTEIN.-Représentation conforme.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.-Vol. XV.-Pl. XIII.

Fig. 13.

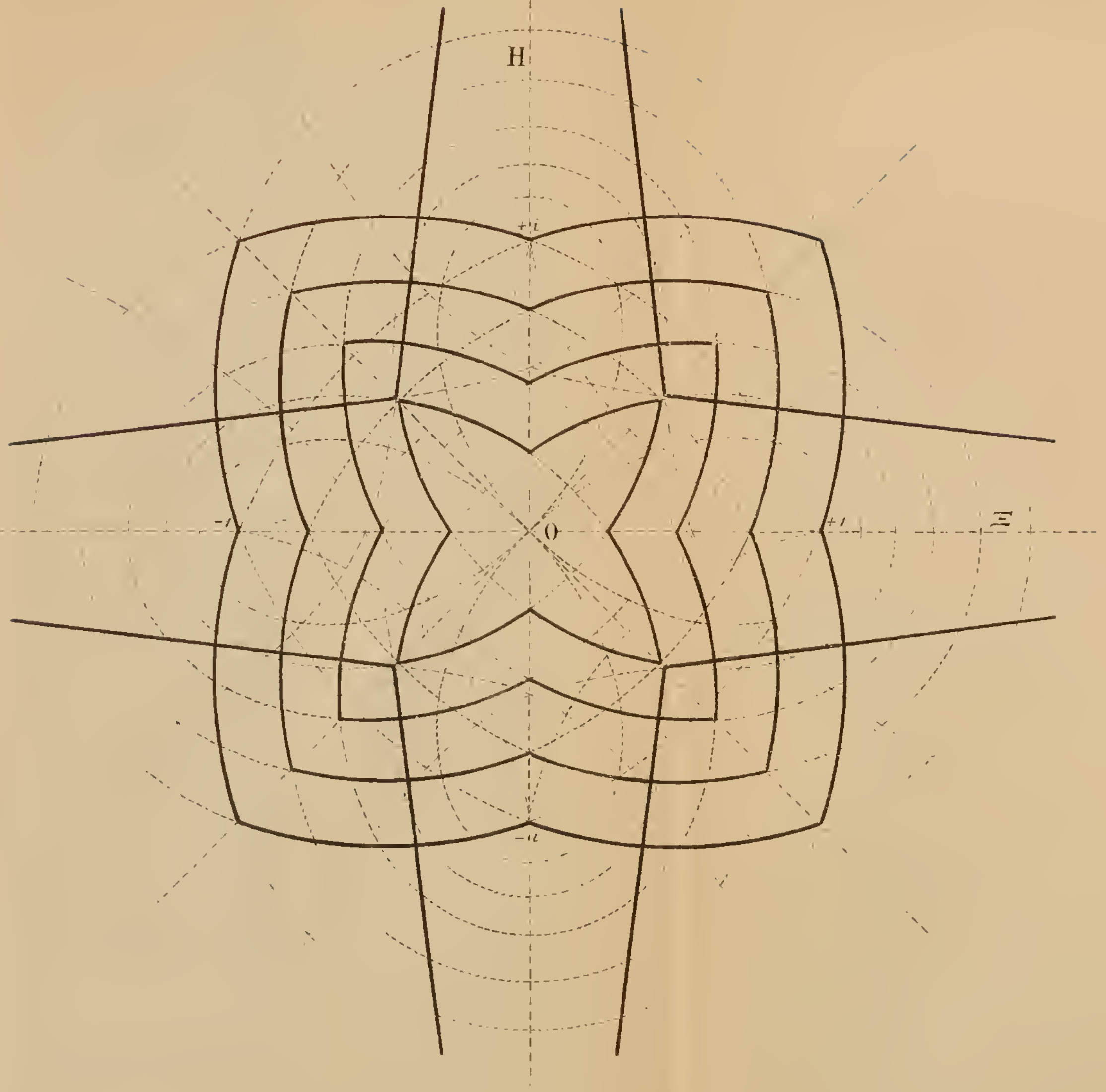
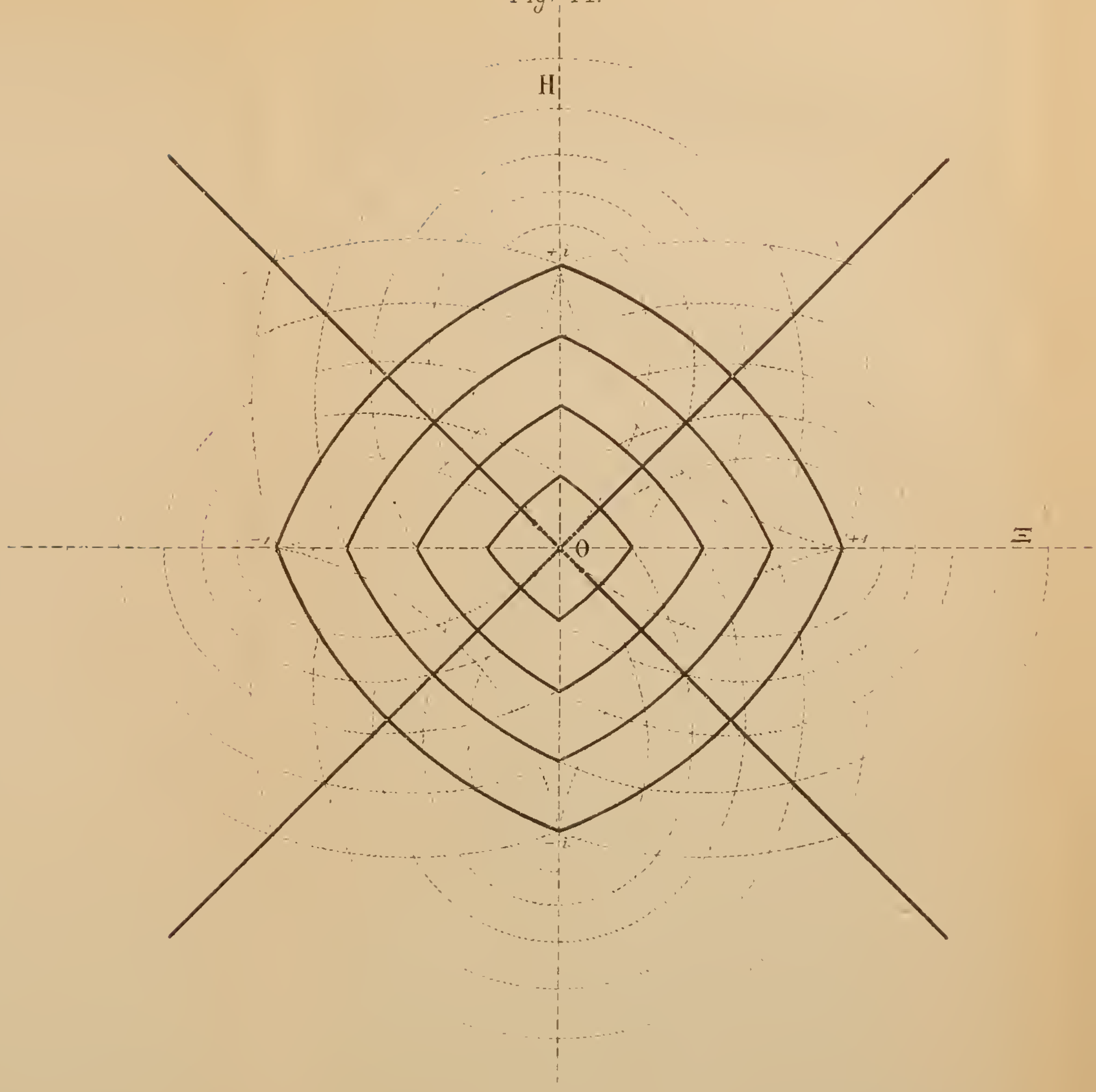


Fig. 14.



Lith. Jules Chappuis, Lausanne

PROCÈS-VERBAUX

SÉANCE DU 1er NOVEMBRE 1876

Présidence de M. Brunner, président.

Secrétaire-intérimaire M. Mayor, bibliothécaire.

Les procès-verbaux des séances du 7 et du 28 juin et du 6 juillet sont lus et adoptés.

M. le président donne connaissance de la liste des livres reçus. Il présente le n° 76 du Bulletin, commencé par M. Renevier et terminé par M. H. Dufour. Il donne lecture de la lettre de remerciements qu'il a adressée à M. L. Dufour. Notre gratitude est aussi acquise à M. Renevier. Le comité a alloué *deux cents* francs par an à M. H. Dufour comme éditeur du Bulletin.

M. le président lit une lettre de Bâle qui annonce que la Société helvét. des Sciences naturelles a choisi Bex pour la session de 1877 et a nommé M. L. Dufour comme président.

M. Sabitianoz, professeur de pharmacie à Athènes, annonce l'envoi d'un ouvrage en échange duquel il demande à être nommé membre correspondant de notre Société. Sa demande est renvoyée au comité pour préavis à l'assemblée générale.

M. Burnier fils, vu l'état de santé de son père, envoie la démission de celui-ci comme membre de notre Société.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Duplessis**, professeur, montre un microscope de démonstration de Hartnack, que l'on fait passer d'un élève à l'autre sans qu'ils aient à se déplacer.

M. **Forel**, professeur, fait connaître la formule que M. Mérian, alors professeur de mathématiques à Bâle, a donnée en 1828 sur la durée des oscillations de l'eau d'un bassin, en fonction de sa longueur et de sa profondeur. M. Forel a appliqué cette formule aux seiches de plusieurs de nos lacs et a trouvé des résultats concordant assez bien avec ses observations. (Voir aux mémoires.)

M. **Renevier**, professeur, « communique la découverte faite dernièrement par les ingénieurs des *Eaux de Lausanne* dans le tunnel du Cret Meilloret, sur Montagny près Lutry, d'une substance minérale blanche, molle, savonneuse et translucide, ressemblant à du saindoux, qui remplissait une fente, tapissée de cristaux de chaux carbonatée, au milieu des grès de Grandvaux. D'après un essai préliminaire de M. le professeur Brélaz, cette substance paraît formée essentiellement d'alumine, silice et eau. Elle se rapprocherait donc, par sa composition et quelques-uns de ses caractères physiques, des minéraux dits *Halloysite, Allophane* et *Collyrite,* mais les traités de minéralogie ne mentionnent aucune de ces substances à l'état gélatineux.

M. BRÉLAZ ajoute quelques détails sur cette substance, sur laquelle il reviendra quand il en aura terminé l'analyse quantitative. »

M. **Renevier** a observé d'autres espèces minérales enveloppées de masses feutrées. Il y aurait intérêt à étudier et à décrire ce cas.

M. BRUNNER, président, dit que ce minéral pourrait appartenir aux allophanes qu'on trouve souvent à l'état gélatineux dans des fissures.

M. **Renevier** fait connaître l'existence de l'*Association lyonnaise des amis des sciences naturelles,* dont le but est d'acquérir des objets nouveaux pour le Museum de cette ville. Il a vu de belles séries zoologiques données par l'Association et provenant de la Cochinchine. C'est une manifestation intéressante de vie scientifique. — M. Renevier remet, pour la bibliothèque, le compte-rendu de cette Société pour 1874.

SÉANCE DU 15 NOVEMBRE 1876

au Musée industriel.

Présidence de M. Bieler, vice-président.

Secrétaire M. le Dr Larguier.

Le procès-verbal de la séance du 3 novembre est adopté. Il est donné connaissance des ouvrages déposés sur le bureau ainsi que d'une pétition concernant l'augmentation de l'allocation annuelle à la Bibliothèque cantonale.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. le professeur **Brélaz** entretient l'assemblée des différents procédés de dosage de l'alcool dans les vins. Il termine son exposé par une analyse au moyen de l'ébullioscope de Malligaud. (Voir aux mémoires.)

M. Johannot trouve qu'on pourrait toujours contrôler cet instrument en employant des liquides artificiels dont on connaîtrait exactement le titre d'alcool.

M. le professeur **Renevier** demande à la Société son concours pour faire réintroduire le droit de franchise pour les objets destinés aux musées d'histoire naturelle dans les lois de péages fédéraux. — Renvoyé au comité qui avisera.

M. le professeur **Brélaz** présente un composé de sulfure d'argent et de nitrate d'argent, obtenu par voie de fusion. C'est un corps jaune, analogue à du soufre fondu, qui résiste à l'eau froide et à l'alcool et redevient noir lorsqu'on le traite par l'eau à une température élevée.

M. le professeur **Renevier** présente des photographies des blocs erratiques de Monthey commandées pour le Bulletin à

M. Bauernheinz. Il donne ensuite quelques détails sur les mines d'or d'Ersteling, dans le Transvaal, détails qui lui ont été fournis par le missionnaire vaudois Paul Berthoud : « Ersteling se trouve à quatre lieues au S.-S.-O. de Marabassad. C'est un charmant vallon, bordé au sud et à l'ouest par des montagnes élevées et escarpées, qu'un voyageur africain considère comme un chaînon détaché du *Drakensberg.* Le côté nord de ce vallon est formé par une série de collines arrondies, assez basses, dont la plus haute touche le pied des montagnes à l'ouest. La mine d'or se trouve dans une de ces collines, très peu au-dessus de ce vallon. On y entre par une galerie horizontale, dont la porte s'ouvre au fond d'une petite ravine latérale. Le parcours est d'environ 500 yards (mètres). On a percé des puits verticaux pour extraire le quartz. La plus grande épaisseur du filon paraît être d'un mètre au plus. Celui-ci est parfois presque vertical et s'étend sur une longueur de 200 à 300 mètres. La roche encaissante est une pierre grise, qui tient à peu près le milieu, comme aspect, entre la molasse et la pierre de Meillerie. Les mineurs l'appellent *blue stone.* »

Des marteaux-pilons, mus à la vapeur, servent à broyer le quartz, dans lequel à l'œil on ne voit généralement pas trace d'or. Cette poussière de quartz subit un lavage puis est traitée au mercure pour en extraire le précieux métal.

M. **Œttli** fait voir une racine de *daucus carotta* qui s'est développée autour d'une molaire de porc qui y est ainsi enchassée.

M. le pasteur **Leresche** entretient l'assemblée d'un voyage qu'il a fait cet été dans les Abbruzzes et décrit sommairement la flore de ces régions, dont quelques types se retrouvent également dans nos Alpes.

A propos de cette communication, M. Fraisse rappelle que les travaux de dessèchement du lac Fucino ont été conçus et dirigés par un Vaudois, l'ingénieur Bermond.

SÉANCE DU 5 DÉCEMBRE 1876

au Musée industriel.

Présidence de M. **Brunner**, président.

Secrétaire M. le Dr **Larguier**.

Le procès-verbal de la séance du 15 novembre est lu et adopté.

Après avoir indiqué les titres des ouvrages reçus, M. le président donne lecture d'une lettre de M. le professeur Louis Dufour, en date du 14 novembre 1876, par laquelle notre honorable collègue l'informe que l'état de sa santé l'empêche absolument de s'occuper des préparatifs de la réunion à Bex de la Société helvétique des sciences naturelles. M. Dufour prie la Société vaudoise de bien vouloir se mettre en son lieu et place et de prendre toutes les mesures nécessaires pour la réussite de cette assemblée.

M. le professeur **Forel** propose que la Société vaudoise en défère l'organisation à un comité spécial nommé à l'assemblée générale de décembre. Cette proposition, appuyée par MM. Renevier et Ph. De la Harpe, est adoptée, de même qu'une proposition de M. Kursteiner demandant des instructions au comité central de Bâle relativement au choix d'un nouveau président.

M. le président donne ensuite connaissance : 1° d'une circulaire de la Soc. d'Emulation du Doubs, annonçant une séance générale pour le 14 décembre, à Besançon, et invitant notre Société à s'y faire représenter. M. Vulliet demande que le comité désigne un délégué à cette assemblée. Le comité examinera la chose ;

2° Du traité conclu avec le nouvel imprimeur du Bulletin, M. Corbaz.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Duplessis**, professeur, présente :

1° Un rabot pour coupes microscopiques ; les tissus dont on veut obtenir des sections sont préalablement traités par l'alcool et placés ensuite dans un cylindre de parafine.

2° Un acalèphe, l'*aurelia aurita* conservée dans un liquide particulier.

M. S. **Chavannes** présente des échantillons de gypse du Valais et entretient l'assemblée de leur origine métamorphique. (Voir aux mémoires.)

Une discussion s'engage à ce sujet entre MM. Chavannes, Renevier, De la Harpe et Brunner ; ce dernier admet que les phénomènes de métamorphisme et de sédimentation ont pu se passer concurremment, le premier pouvant être produit par l'action de l'acide sulfureux de certaines sources du bassin du Rhône sur les calcaires environnants.

M. H. **Dufour** expose un nouvel appareil destiné à faire connaître la pureté du gaz d'éclairage par la longueur de la flamme sous une pression constante.

M. le professeur **Forel** présente une masse de nature osseuse, sans apparence d'attache, trouvée près de la cathédrale, dans les fouilles pour les conduites d'eau de Bret qui ont mis au jour des cercueils et des ossements.

M. Ph. De la Harpe pense que ce peut être une tumeur osseuse de l'ovaire.

SÉANCE GÉNÉRALE DU 20 DÉCEMBRE 1876, A 2 HEURES

Présidence de M. Brunner, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président lit la lettre de démission de M. le Dr Joël, comme membre de la Société.

Le comité propose que les séances de 1877 aient lieu comme en 1876. Cette proposition est adoptée.

Le projet de budget présenté par le comité est modifié par l'assemblée qui adopte un crédit de 400 francs pour les frais de déplacement du comité d'organisation de la fête helvétique de Bex et de 100 francs pour réparations d'instruments et acquisitions de cartes en faveur de l'observatoire météorologique. Le budget sera équilibré sur une somme de dépenses de 6400 francs.

L'assemblée procède aux nominations règlementaires ; sont nommés :

1° Président, M. Bieler, par 22 voix sur 30 votants.

2° Vice-président, M. Sylvius Chavannes, par 21 voix sur 31 votants.

3° Membre du comité, M. Œttli, par 28 voix sur 32 votants.

4° Commissaires-vérificateurs : MM. Dufour, D^r ; Marguet et Vulliet.

M. Ph. **De la Harpe** remet à la Société, de la part de son père, une collection d'ouvrages d'entomologie. La Société émet un vote de remerciements et d'estime à M. Jean De la Harpe.

Le président lit une lettre de M. professeur Hagenbach, de Bâle, président du comité central de la Société helvétique, qui informe notre Société que, vu la démission de M. L. Dufour comme président de la réunion de 1877, l'assemblée de Bex sera ouverte par un délégué du comité central, sous la présidence duquel aura lieu la nomination d'un président par l'assemblée générale.

MM. Renevier et Ph. De la Harpe pensent que cette manière de procéder n'est pas rationnelle et ils rappellent qu'en 1861 l'assemblée de Lausanne fut présidée par le vice-président J. De la Harpe, en remplacement de M. Lardy empêché par maladie.

La Société adopte une proposition de M. De la Harpe demandant que pour simplifier, M. L. Dufour soit invité à retirer sa démission.

Le président lit une lettre de M. L. Dufour qui nomme M. le professeur Schnetzler vice-président de la Société helvétique et le charge de pourvoir aux préparatifs de la réunion de Bex.

Le comité présente à la Société une liste de cinq membres : MM. RENEVIER, ROSSET, Sylv. CHAVANNES, F.-A. FOREL et ŒTTLI pour former la commission d'organisation de la fête de Bex. Cette liste est votée par acclamation. Cette commission pourra s'adjoindre d'autres membres.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **De la Harpe**, Ph., fait part de ses observations sur la géologie des environs de Louèche-les-Bains. (Voir aux mémoires.)

M. le Dr **Dufour**, M., montre un *cysticercus cellulosæ,* extrait de l'œil d'un homme. Le patient, cuisinier de son état, était affecté d'un tænia et il est possible que les œufs de ce parasite aient pénétré dans les parois intestinales pour entrer dans les voies circulatoires et venir occasionner la présence du cysticerque dans l'œil.

M. E. **Renevier**, professeur, parle du gisement d'Astartien aux Amburnets, près du Marchairuz. (Voir aux mémoires.)

M. **Forel**, F.-A., communique : 1° un extrait du procès-verbal de la Société météorologique de Londres, qui parle de quelques observations faites à Rossinières par Ward. (Voir aux mémoires.)

2° Des notes qui lui ont été adressées par M. Jansen sur les oscillations de l'Océan observées au marégraphe de Brest et qui paraissent analogues aux seiches du Léman.

3° Sur une simplification de la formule de Mérian de Bâle, à l'aide de laquelle on peut calculer la durée des seiches, M. W. Thomson a donné la nouvelle formule $t = \frac{l}{\sqrt{gh}}$ que M. Forel a appliquée et vérifiée et il trouve dans l'application de cette formule une confirmation de sa théorie sur les seiches, qui sont des vagues d'oscillation fixe (vagues uninodales).

Séance levée à 5 heures.

SÉANCE DU 10 JANVIER 1877.

Présidence de M. Bieler, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Schnetzler annonce que, du consentement du comité central et pour simplifier les fonctions du comité pour la séance de Bex, M. L. Dufour reste président honoraire de la Société helvétique.

M. le président donne connaissance des livres reçus.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Vionnet** montre des cailloux qu'il a pris dans la source martiale sur la rive gauche de l'Aubonne; ils sont remarquables par des taches rouges irrégulièremnnt distribuées à leur surface.

M. Schnetzler attribue ces taches à une floridée d'eau douce, probablement la *Hildenbrandtia rosea,* la seule Floridée qu'on trouve en Suisse.

M. **Schnetzler** montre des fleurs de Radis, attaquées et déformées par un champignon, le *cystopus candidus.* (Voir aux mémoires.)

M. F.-A. **Forel** parle de la connexion qu'il y a entre les dépressions et les maxima d'oscillation des seiches entre Genève, Morges et Vevey. (Voir aux mémoires.)

Le **même membre** fait une intéressante communication sur la pente du lac Léman et sur son niveau. (Voir aux mémoires.)

M. **Guillemin** expose l'appareil électro-dynamique de Bürgin, de Bâle, et fait des expériences.

M. **Delessert**, Eug., fait voir des ossements des *Ostrea cucullata.*

M. C. **Dufour** fait circuler des ossements qui ont été trouvés à Montreux et qu'un courant d'eau aura accumulés en grande quantité dans un couloir.

SÉANCE DU 24 JANVIER 1877

Présidence de M. Bieler, président.

M. Treuthard donne sa démission de membre de la Société.

M. le président fait connaître le programme du prix Bressa de 12,000 fr., offert par l'Académie des sciences de Turin à l'auteur de la découverte la plus éclatante ou de l'ouvrage le plus célèbre dans le champ des sciences positives pendant les quatre années 1875-1878.

Il donne l'indication des livres reçus, parmi lesquels est le deuxième volume de la Nouvelle Géographie universelle de M. Elisée Reclus, donné par l'auteur.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Favrat**, professeur, parle des hybrides observés dans les *achillœa;* il en mentionne un nouveau, l'*achillœa nana-macrophylla,* connu sous le nom d'*Ach. Valaisiaca* (Soutter). Il montre ces différents hybrides au milieu de leurs parents. (Voir aux mémoires.)

M. Johannot demande s'il y a des observations qui démontrent que les hybrides puissent se reproduire et former une race.

M. Favrat répond que les hybrides ne sont en général pas fertiles, mais que des hybrides de *Rubus,* par exemple, fécondés par un des parents peuvent se reproduire; alors l'hybride retourne au type qui intervient, car, dit-il, les types sont fixes.

M. **Renevier**, professeur, expose quinze coupes des Alpes vaudoises qui accompagneront sa carte géologique de cette région. Trois de ces coupes sont longitudinales et vont du S.-O. au N.-E.; douze sont transversales et vont du N.-O. au S.-E. Celles-ci ne suivent pas toujours une ligne droite, surtout quand, par une légére déviation, il était possible de donner la stratification d'un lieu intéressant.

L'échelle est au 50,000e aussi bien pour l'altitude que pour le sens horizontal.

M. S. **Chavannes** décrit un éboulis de flysch qu'il a observé aux environs de Bex. Cet éboulis part de la Croix de Javerne et arrive sur la colline de Chiètres; il forme de nombreuses ondulations. A Sous-Vent, et à une faible distance d'une paroi de rochers, on voit une petite colline provenant du même éboulis. Comme il ne renferme pas de blocs erratiques, il est post-glaciaire, d'autant plus qu'il recouvre un dépôt encore en place de boue glaciaire.

M. RENEVIER dit qu'il s'est demandé souvent ce qu'étaient ces éboulis. A la Tour de Duin, ce n'est pas du flysch, mais du néocomien, puisqu'on y trouve des bélemnites. M. Renevier pense que c'est du néocomien alpin, qu'il a pris longtemps pour de l'oxfordien. Ces grès grossiers bréchiformes, ces calcaires quartzeux formant des bancs séparés par des schistes brillants montent jusqu'à la Croix de Javerne. Sur la crête de Javerne sont les schistes lustrés; on ne trouve pas le joint; il y a du flysch renversé, recouvrant du néocomien; mais les ressemblances pétrographiques sont grandes, puisque le flysch a aussi des bandes de grès.

M. CHAVANNES reconnaît qu'il peut y avoir mélange des deux terrains dans les éboulis.

M. Ph. **De la Harpe** montre le 4e vol. de la Flore arctique, par Osw. Heer, et donne, d'après cet ouvrage, un aperçu de la répartition des familles végétales, dans les pays du Nord, aux époques carbonifère et jurassique.

SÉANCE DU 7 FÉVRIER 1877

Présidence de M. Bieler, président.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

M. le président fait connaître qu'un club scientifique s'est fondé à Vienne, sous la direction du Dr Ritter, et que l'entrée en est accordée à ceux de nos membres qui se rendront dans cette ville.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Béraneck**, chef d'institut, parle de la chute du Tauredunum, au point de vue alpin plutôt que géologique. (Voir aux mémoires.)

M. S. Chavannes rappelle à ce sujet les travaux de Morlot et Troyon, avec lesquels celui de M. Béraneck concorde, sauf pour l'éboulis principal qui doit avoir eu lieu essentiellement dans le sens des couches, c'est-à-dire du côté des Ivouettes, où il a formé deux lignes de collines parallèles à la vallée : la plus rapprochée de la montagne est composée d'éboulis et la seconde est un bourrelet de refoulement d'anciennes alluvions du Rhône ; quelques gros blocs recouvrent ces collines avancées. Les idées de ces messieurs se rapprochaient du récit de Grégoire de Tours.

M. Chavannes pense que le refoulement de l'air produit par la chute et dévié par l'Arvel, a produit sur le lac une seiche considérable, capable de causer l'inondation décrite.

Dans l'excavation pour le nouveau collége de Noville, on trouve une foule d'ossements d'hommes et d'animaux mélangés, qui ont l'air d'avoir flotté et ont les positions les plus diverses. Toutes les collines du second bourrelet renferment des ossements.

M. Béraneck répond : 1° que la Chauméni a disparu, qu'elle est déserte, tandis que ce nom suppose des pâturages et qu'il doit aussi y avoir eu chute du côté du lac ; 2° que la montagne de la Suche, au midi des Ivouettes, était à la tête du lac.

M. RENEVIER confirme l'éboulement du côté des Ivouettes et pense que le lac était en face. L'éboulement est donc tombé dans le lac et le refoulement du limon a eu lieu sous l'eau comme Lyell l'a décrit d'une localité du Devonshire.

Les troncs de chêne inclinés dans le limon, près de Roche, indiquent la violence du courant d'air. Mais qu'il s'agisse ici du Tauredunum ou non, c'est ce que M. Renevier ne peut décider.

M. CHAVANNES ne pense pas que le lac vînt jusque-là; on retrouve dans les collines dont il a parlé des vases en pierre ollaire, des briques, des tuiles, des débris de poterie, ce qui prouve que ces lieux n'étaient pas recouverts par les eaux, et la forêt de Roche était sur terre ferme.

Les dépôts dans le petit lac temporaire ont nivelé le sommet des tertres. Tout le sol de la plaine, imprégné d'eau, est facile à soulever.

M. GUILLEMIN n'admet pas le barrage et sa rupture postérieure; le grand lac n'aurait pas subi une si forte élévation par l'écoulement du lac temporaire. Il pense que l'air lancé avec une vitesse de 50 à 60 mètres par seconde a agi sur le lac d'une manière semblable à celle des cyclones, dont les effets sont si désastreux.

M. RAPIN, pasteur, pense qu'il faut tenir compte de l'immense éboulement qu'on aperçoit en face de Vevey.

M. **Schnetzler,** professeur, parle de « l'*Hildenbrandtia rivularis* (Liebm.); H. rosea B, fluviatilis, Ktz, trouvée par M. le pasteur Vionnet sur des pierres dans une source à quelques pas de la rive gauche de l'Aubonne, en face de la poudrière de La Vaux. Cette petite algue appartient à un groupe dont la plupart des représentants habitent la mer. C'est la seule espèce d'eau douce de la famille des *Hildenbrandtiaceæ*. Gobi et Grigorieff l'ont trouvée dans les eaux légèrement salées du golfe de Finlande. »

M. F.-A. **Forel**, professeur, « présente deux photographies prises par M. le professeur D. Colladon de Genève et représentant des coupes des terrasses lacustres du plateau des Tranchées de Genève; il expose l'historique de l'étude de ces terrasses lacustres et l'ordre successif des travaux de Morlot de Lausanne et de MM. Dausse de Paris et Colladon de Genève.

M. **Forel** présente ensuite un exemplaire de *Spongilla fluviatilis* qu'il a trouvé sur les pilotis du débarcadère de Morges en état de développement estival, le 2 février dernier, au milieu de nombreuses colonies en état de repos hivernal (à l'état de gemmules). Il attribue ce développement anormal en cette saison à la douceur extrême de l'hiver cette année.

M. **Forel** dépose sur le bureau le résumé d'une nouvelle théorie des variations de la transparence des eaux des lacs de l'hiver à l'été, théorie basée sur la stratification thermique des eaux pendant l'été et leur non-stratification en hiver. »

M. le président fait savoir que le comité a autorisé l'insertion dans notre Bulletin du travail de M. Colladon, déjà publié dans le Bulletin de la Soc. géol. de France, puisqu'il nous intéresse et qu'il n'est pas long. (Voir aux mémoires.)

M. S. **Chavannes.** Au-dessus du bazar de Montreux, à la Rouvenaz, on constate l'intersection de la stratification inclinée et horizontale; des travaux d'excavation y ont fait découvrir un anneau et deux beaux vases, le plus petit renfermé dans le plus grand; celui-ci est brisé; ils paraissent appartenir à la période du bronze.

M. Renevier dit que c'est lui qui a averti M. Colladon, lors de la réunion de la Société géologique de France, à Genève, du travail antérieur de M. Morlot sur les terrasses lacustres et l'explication de la stratification discordante qu'on y remarque; mais qu'il en a cherché vainement la mention dans notre Bulletin.

M. Chavannes, élève de M. Morlot, se souvient parfaitement de cette partie du cours de son professeur et la recherchera dans ses cahiers d'étudiant.

M. Forel demande que M. Renevier ajoute une note à la reproduction du travail de M. Colladon.

M. Kursteiner pense que cette publication fait double emploi.

M. Forel répond que c'est dans notre intérêt; qu'on y trouve des indications très claires et très intéressantes sur les terrasses.

M. le président ajoute que le comité a vu là un complément utile aux travaux sur le Léman.

M. **Favrat**, professeur, « montre deux plantes en fleurs, recueillies le 20 janvier, et qui témoignent de la douceur exceptionnelle de l'hiver : le *Potentilla micrantha* et le *Colchicum autumnale.*

La première de ces plantes présente un cas de végétation avancée ; car, année commune, elle ne fleurit qu'à fin mars et au commencement d'avril. Cette année, elle a dû fleurir dès la fin décembre, les échantillons portant des fleurs et des fruits.

La seconde présente un cas de végétation retardée ; ce qui s'explique par le fait que la station, — taillis marécageux à l'ouest de la Chamberonne — est envahie par les hautes eaux, et que, cette année, ce n'est que fort tard que le lac est redescendu à son niveau d'hiver. Aussi le colchique n'a pu commencer à fleurir que vers le nouvel-an, tandis qu'année commune il fleurit en août et septembre. »

M. **Œttli**, professeur, expose deux tableaux circulaires d'analyse chimique, publiés par M. Monnier de Genève : les corps sont inscrits à la circonférence, les réactifs sur un secteur mobile et les réactions sur les secteurs du tableau qui ont pour base la formule du corps.

M. **Delessert**, Eug., expose deux bocaux de raisins conservés, préparés par une maison de Munich, d'après un procédé indiqué comme nouveau mais qui ne paraît pas offrir d'avantages sur les procédés connus.

MM. les membres du comité d'organisation de la fête de Bex donnent des renseignements sur les mesures financières et autres qu'ils ont prises en vue de sa réussite. Cette fête aura lieu les 20, 21 et 22 août.

M. FAVRAT demande si l'on a organisé des excursions scientifiques; il s'offre obligeamment pour diriger celle de botanique aux environs de Bex.

M. CHAVANNES répond que le comité s'est occupé de la chose et qu'il est heureux du concours offert par M. Favrat.

SÉANCE DU 21 FÉVRIER 1877

Présidence de M. **BIELER**, président.

La lecture du procès-verbal de la séance précédente donne lieu à quelques observations générales auxquelles il a été fait droit.

M. Maurice de TRIBOLET demande à faire partie de notre Société; il est présenté par MM. Klunge et Rochat.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Renevier**, professeur, annonce le 3e volume des Mémoires de la Société paléontologique suisse, qui vient de paraître et fait connaître son contenu.

M. Ph. **De la Harpe** termine son exposition sur la géologie des environs de Louèche-les-Bains. Il présente des bélemnites (Belemnites hastatus), des oursins à gros tubercules, probablement le *cidaris preciosa.* (Voir aux mémoires.)

M. **Renevier** « parle du *Grès de Taveyannaz,* des discussions qui ont eu lieu sur l'âge de ce singulier terrain, et de la découverte qu'il y a faite l'été passé, à Taveyannaz même, d'une belle dent de squalide, se rapportant évidemment au genre *Otodus* et se rapprochant surtout de *O. macrotus*, Ag. (Poiss. foss III, p. 273, pl. 32, fig. 29, 30) de l'éocène du bassin de Paris.

Le genre *Otodus* n'ayant pas vécu avant la période crétacée, et étant surtout abondant dans les terrains crétacé supérieur et éocène, cette trouvaille vient confirmer le classement du Grès de Taveyannaz dans le Nummulitique.

M. Renevier a d'ailleurs reconnu cet été un nouveau gisement dans les rochers de Châtillon, sur Coufin, où le dit grès recouvre immédiatement les schistes nummulitiques supérieurs, qui recouvrent à leur tour le calcaire nummulitique fossilifère. Un peu plus loin on voit cette même série de couches passer à la position verticale, puis renversée, mais en conservant leur parfaite concordance. »

M. Brélaz pense que pour se rendre compte de l'origine et de la nature de cette roche, il faudrait l'étudier au microscope.

M. J. **Cauderay** lit une note sur un moyen qu'il propose pour prévenir les rencontres des trains de chemin de fer. Il demandera à la compagnie de la Suisse Occidentale de lui en permettre l'essai.

M. **Chastellain**, professeur, parle d'un accident arrivé à M. Schmidt, pharmacien à Montreux, avec un matras de verre dit incassable qui a fait explosion en se refroidissant, après avoir été employé pour une préparation de foie de soufre. Il en fait circuler les fragments qui ont des formes polyédriques à arêtes non-tranchantes.

M. Renevier dit que des accidents semblables sont arrivés au laboratoire de Genève.

SÉANCE DU 7 MARS 1877

Présidence de M. Bieler, président.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

M. Maurice de Tribolet, D^r es-sciences, à Neuchâtel, est proclamé membre de la Société.

Les candidats au titre de membres sont M. Dupertuis, pharmacien à Rolle, présenté par M. H. Dufour, et M. Thomas, pasteur à Cheseaux, présenté par M. Bieler.

M. le président donne l'indication des livres reçus.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Renevier**, professeur, « montre dans un opuscule qu'il vient de recevoir de M. Dawson, de Montréal, le dessin d'un petit exemplaire complet de *Eozoon canadense* du Laurentien, qui présente des formes tellement bien définies et une structure si évidente, qu'on ne peut pas douter que ce ne soit un corps d'origine organique, voisin à la fois des Foraminifères et de certains spongiaires.

M. Renevier parle d'un singulier gisement de reptiles fossiles d'âge carbonifère, de la Nouvelle-Ecosse, qui, connu depuis plusieurs années, a fourni récemment de nouvelles richesses à M. Dawson. Il s'agit de troncs fossiles de *Sigillaria*, conservés debout dans un grès houiller, qui forme une partie des falaises de cette province du Canada. Il paraît que ces troncs s'étaient pourris intérieurement, ne subsistant plus qu'à l'état de cylindres creux, dans lesquels se sont enfuis une multitude de petits animaux terrestres, petits reptiles ou batraciens, myriapodes, et mollusques du genre *Pupa*, avec des débris végétaux, etc. M. Dawson a recueilli successivement, en dépeçant plusieurs de ces troncs, une trentaine de squelettes de petits batraciens ou reptiles, quelques-uns recouverts encore de la peau, qui appartiennent à 6 espèces au moins, réparties dans les trois genres éteints: *Dendrerpeton*, *Hylerpeton* et *Hylonomus*.

M. Ch. **Dufour**, professeur, montre sur la carte du glacier du Rhône les retraits mis en évidence par les lignes frontales des années 1870, 1874 et 1876.

M. F.-A. Forel, professeur, parle également de l'avancement et du retrait des glaciers, en appuyant surtout sur la chute de neige dans les réservoirs supérieurs.

M. Renevier ne peut admettre que les variations d'humidité atmosphérique soient sans influence sur l'empiétement et le recul des glaciers.

M. Forel ne le fait pas non plus, il insiste seulement sur le facteur qu'il croit prépondérant.

M. C. Dufour ajoute que la condensation de l'humidité dans la région inférieure est une cause de fonte du glacier.

M. H. **Dufour,** professeur, montre un appareil simplifié destiné à démontrer la loi d'Ampère sur les courants, et il indique une application de cet appareil à la construction de lampes électriques.

M. **Schnetzler**, professeur, communique ses observations sur la formation de la matière colorante du *Phytolacca decandra* et sur les cellules de ses fruits. (Voir aux mémoires.)

M. Duplessis, professeur, a entendu avec beaucoup d'intérêt la communication de M. Schnetzler. Des faits de coloration semblable se retrouvent chez les infusoires; ainsi le *stentor igneus* est coloré en rouge par de petits atomes d'un rouge cuivreux, mais à un moment donné cette couleur disparaît et la chlorophylle se montre autour du noyau de cette cellule; chez le stentor bleu, la chlorophylle est masquée par une couleur bleue.

Dans la *Paramecia bursaria,* on voit des grains de chlorophylle qui trahissent le mouvement circulaire du protoplasma; la Paramecia est un *être intermédiaire* entre les végétaux et les animaux.

Dans le sarcode de ces êtres, on voit des vides qu'Ehrenberg a pris pour des estomacs, leur donnant ainsi une organisation complexe, tandis qu'ils n'ont que les caractères de cellules indépendantes.

Le même membre remet, pour le Bulletin, un mémoire sur un nouveau Rhizopode marin, l'*Arcellina marina,* qui est également un genre nouveau.

M. S. **Chavannes** parle de cailloux impressionnés recueillis dans des conglomérats de graviers glaciaires, traversés par une galerie pour recherche d'eau entre Lausanne et Savigny. (Voir aux mémoires.)

M. Schnetzler dit que l'algue dont parle M. Chavannes est le *Pleurococus vulgaris,* petite Palmélacée. Comme dans l'obscurité elle absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique, elle contribue à la dissolution de la matière calcaire.

M. **F.-A. Forel** dépose sur le bureau un mémoire sur les variations du niveau du lac pendant les vingt dernières années.

SÉANCE DU 21 MARS 1877

Présidence de M. Bieler, président.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et adopté.

MM. Thomas, pasteur, et Dupertuis, pharmacien, présentés dans la dernière séance, sont nommés membres de la Société.

M. J. Crausaz, ingénieur, membre de la Société, demande un congé illimité, vu son absence du canton. Ce congé lui est accordé d'après le règlement.

Le comité a reçu deux demandes d'échange de bulletins, l'une de la *Lynceorum academia* à Rome, l'autre de la *Société d'études scientifiques de Lyon;* l'échange aura lieu avec ces deux Sociétés.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. **Renevier,** professeur, montre des cailloux impressionnés envoyés par M. Heim.

Le même membre lit un rapport sur le musée géologique (voir aux mémoires). Il répond ensuite à quelques questions adressées au sujet de l'organisation de ce musée.

M. **De la Harpe** présente la première partie du travail de M. Kowalewski sur l'*Anthracotherium.* Les planches étaient prêtes depuis plusieurs années, mais le texte manquait. Ce travail n'est du reste pas encore terminé; on pourra cependant en extraire un mémoire pour le Bulletin.

M. **Renevier** lit un rapport de la Société d'histoire naturelle de Savoie, à Chambéry. Cette Société disposant de ressources assez restreintes est cependant parvenue à avoir un jardin botanique, une petite ménagerie et un musée.

M. **Tzaut,** à propos du fait que l'*Eucalyptus globulus* n'a pas réussi à Chambéry, dit qu'un fait semblable s'est passé dans une campagne de Lausanne.

M. Bieler ajoute que même au nord de l'Italie la plantation de l'E. globulus n'a pas réussi.

M. Tzaut en a vu cependant qui croissaient bien aux îles Borromées.

SÉANCE DU 4 AVRIL 1877

Présidence de M. Bieler, président.

La lecture du procès-verbal est renvoyée à la prochaine séance.

Il est donné connaissance des livres reçus.

M. L. Dufour fait offrir à la Société une collection de la revue *Les Mondes,* pendant une période de 10 à 12 ans, le *Journal des savants*, dès l'origine au milieu du siècle passé, et les *Archives des sciences physiques el naturelles.*

La Société charge le comité d'accepter l'offre des deux premiers ouvrages avec de vifs remerciements, notre Bibliothèque possédant déjà les Archives.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

M. F.-A. **Forel,** professeur, entretient la Société des causes des variations de la transparence des eaux du lac. (Voir aux mémoires.)

M. Ch. Dufour, professeur, pense qu'on ne peut pas trop se fier aux coefficients de transparence de M. Wild; qu'en procédant par l'élévation aux puissances, on oublie que la première couche filtre la lumière qui passe ensuite plus facilement à travers les autres. Pour la glace, c'est la même loi. La formule de M. Wild ne doit pas être appliquée dans ce cas.

M. le Président pense qu'il faudrait étudier la variation de l'indice de réfraction dans les couches de température différentes, cause qui pourrait entraver la marche des rayons directs.

M. Forel n'a pas fait intervenir ces indices parce que les rayons étant perpendiculaires aux couches d'eau ne sont pas réfractés; les rayons du soleil sont seuls réfractés, et la quantité de lumière n'a pas d'influence sur la limite de visibilité. Le père Secchi a fait intervenir cette question de réfraction dans ses calculs, mais M. Forel n'a pas cru devoir le faire.

M. S. **Chavannes** a reçu de M. Borel, de Bex, l'indication de la composition du comité local et de ses sections, en vue de la séance de la Société helv. des sciences naturelles, et il en donne connaissance.

Le même membre annonce qu'on a trouvé dans la molasse, entre le Pavillon et le Petit Rocher, une grande mâchoire inférieure de rhinocéros probablement, et qui fera une très belle pièce pour notre musée.

M. **Renevier**, professeur, dit quelques mots de la substance alumineuse d'aspect sébacé, trouvée cet automne dans le tunnel du Cret Mellioret, près d'Aran. Elle contient des scalénoèdres de chaux carbonatée dont on peut la débarrasser et alors, d'après une analyse de M. le professeur Bischoff, on a une matière contenant pour 1 d'alumine ($Al^2 O^3$), 3 de silice ($Si O^2$) et 6 d'eau. L'allophane et l'allosite n'ont qu'un de silice pour un d'alumine et une certaine proportion d'eau, tandis que le kaolin a 2 de silice pour 1 d'alumine et de l'eau également. C'est donc un minéral nouveau sur lequel on fera une petite note. M. Schnetzler y a trouvé des substances organiques.

M. **Reitzel**, professeur, montre des plantes desséchées par un procédé qui fait intervenir l'emploi d'un liquide huileux, indiqué, dans un journal allemand, comme favorisant la conservation des couleurs. En plaçant ces plantes à côté d'autres desséchées simplement on trouve en effet une différence plus ou moins sensible.

M. F.-A. **Forel** termine la séance en parlant du niveau et de la pente du lac. (Voir aux mémoires.)

SÉANCE DU 18 AVRIL 1877

Présidence de M. BIELER, président.

Les procès-verbaux des deux dernières séances sont lus et adoptés.

M. H. DUFOUR, éditeur du Bulletin, présente le n° 77, dont M. le président indique le contenu.

M. J. Marguet présente comme candidat M. H. AMSTEIN, professeur, qui demande à faire partie de la section des mathématiques.

M. le président annonce que les démarches tentées auprès du département fédéral des postes pour obtenir le transport dans des boîtes spéciales, des préparations microscopiques au taux de celui des échantillons (5 cent. pour 50 gr.), ont abouti, sans autre restriction, pour l'intérieur de la Suisse. Quant aux Etats de l'Union postale, le département pense que ce transport peut avoir également lieu aux mêmes conditions et il voudrait connaître les objections qu'un Etat de l'Union aurait élevées contre ce transport.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES.

M. **Rapin** « lit un travail écrit sur le sujet de l'aberration de la lumière, dont il ne demande pas pour le moment l'insertion au Bulletin, ne pouvant formuler encore aucun résultat positif. Aucune discussion ne suit cette lecture. »

M. **Renevier**, professeur, mentionne un travail de M. Benoît, dans le Bulletin de la Société géologique de France, où l'on voit que le glacier du Rhône a dépassé le Jura par les cols de

Jougne, de Ste-Croix et des Verrières par le Val de Travers. On trouve des blocs erratiques alpins jusqu'à Salins.

M. **Chastellain**, professeur, montre une noix de muscade complète, une grappe de fruits du caféier et le fruit du Palma coquero, arrivés des Indes dans de l'eau de mer où ils se sont très bien conservés.

M. E. **Delessert** lit dans le *Temps*, du 11 avril, la fin d'un discours de M. Waddington où l'on voit que M. Kerviler est parvenu à distinguer, près de St-Nazaire, les couches annuelles de sédiment, composées chacune de trois feuillets de nature différente, et par conséquent à calculer l'âge des alluvions comme celui d'un arbre par les couches du tronc. La trouvaille, dans ce limon, d'objets antiques et en particulier d'une médaille, est venue confirmer la justesse du procédé.

M. Delessert décrit ensuite un cas de stratification observé par lui près de Montbrillant, où les petites couches sont transversales relativement aux ondulations prononcées des grandes.

M. RENEVIER fait observer qu'il faut un dépôt bien régulier pour que les couches annuelles ne varient pas d'épaisseur pour un même cours d'eau et que cette épaisseur doit être différente pour des cours d'eau différents.

M. J. PICCARD croit se rappeler qu'à la suite de sondages par des puits on a estimé à 25,000 ans l'âge des alluvions du Nil.

M. LOWIS rappelle également une estimation analogue de Lyell sur l'âge des alluvions du Missisipi.

M. RENEVIER dit que le cas rapporté par M. Delessert rentre dans la stratification dite torrentielle, où la glace semble avoir joué un rôle.

Le même membre lit un résumé de ses travaux sur les Alpes vaudoises, destiné à la Bibliothèque universelle, et s'arrête à la période triasique.

LISTE DES LIVRES REÇUS

Séance du 6 décembre 1876.

Commission géologique fédérale. — Feuille III de la carte géologique fédérale, nouv. édit.

Académie de Savoie. — Mémoires, 3e série, t. I-IV, 1875.

Soc. d'agricult., hist. natur. et arts utiles de Lyon. — Annales, 4e série, t. VII.

Acad. des sc., belles-lettres et arts de Lyon. — Mémoires (sciences), t. XXI.

Jeunes naturalistes. — Feuille no 74.

Soc. de physique de Genève. — Mémoires, t. XXIV, 2e partie.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisienne, nos 6, 7, 11.

Soc. jurassienne d'émulation. — L'émulation jurassienne, juin 1876.

Soc. de géographie de Genève. — Le Globe, t. XIII, livr. 5-6; XIV, 4 à 6.

Soc. industr. de Mulhouse. — Bulletin, oct.-déc. 1875; avril-juin 1876.

Soc. géolog. de France. — Bulletin, t. IV, 2.

Verein für naturwissensch. Unterhaltung zu Hamburg. — Verhandlungen, Bd. II.

Soc. des ingénieurs civils. — Mémoires, 28e ann. 4e cah.

Soc. des sc. physiques et natur. de Bordeaux. — Extrait des procès-verbaux des séances.

Connecticut Academy of arts and sciences. — Transactions, v. III, Part 1.

Franklin institute. — Journal, no 611.

Königl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht, März, April 1876.

Soc. toscana di sc. naturali. — Atti, v. I, fasc. 3.

Soc. industr. de Marseille. — Bulletin 1876, 1er juin.

Soc. d'hist. natur. de Toulouse. — Bulletin 1875-76, 1er fasc.

Manchester geological society. — Transactions, v. XIX. Part 4.

Deutsch-geolog. Gesellschaft. — Zeitschrift, Bd. XXVIII, Heft. 1.

Soc. entomolog. de Belgique. — Compte-rendu, nos 26-27.

Conseil fédéral. — Quatrième rapport de la direction et du conseil d'administration du chemin de fer du Gothard. — Rapport mensuel, nos 39-41. — Mémoire concernant la situation financière de l'entreprise.

Literary and philosophical society of Manchester. — Mémoires v. V. — Proceedings, v. XIII-XV. — Catalogue.

Royal society of New South Wales. — Transactions 1862-1865. — Transactions and Proceedings 1875. — Mines and mineral statistics of N. S. W. — Mineral Map and general statistics of N. S. W. — N. S. W., its progress and resources.

Soc. belge de microscopie. — Procès-verbal de la séance du 26 octobre 1876.

— The Philadelphia Inquirer, July 4, 5.

C. NICATI. — Notice sur les eaux de Tarasp-Schuls, par le Dr Killias, traduite et annotée.

JACQ. V. BEDRIAGA. — Die Faraglione-Eidechse und die Entstehung der Farben bei den Eidechsen.

GIOV. OMBRONI. — L'esposizione di oggetti preistorici che ebbe luogo a Verona, dal 20 febbr. al 3 aprile 1876.

PILLET ET DE FROMENTEL. — Description géologique et paléontologique de la colline de Lémenc sur Chambéry. — Atlas.

Séance du 20 décembre 1876.

Geological society of London. — Quarterly journal, no 128.

Jeunes naturalistes. — Feuille no 75.

Manchester geological society. — Transactions, v. XIV. Part V.

Soc. d'anthropologie de Paris. — Bulletin, t. XI, fasc. 3.

Soc. impériale des natur. de Moscou. — Nouveaux mémoires, t. XIII, livr. 5.

Soc. royale des sc., à Upsal. — Nova acta, ser. III, v. X, fasc. 1. — Bulletin météorologique, v. VII.

Soc. nation. des sc. natur. de Cherbourg. — Mémoires, t. XIX.

Soc. d'agric. sc. et arts de la Sarthe. — Bulletin, 2e série, t. XVI, 3e trim.

Soc. géologique de France. — Bulletin, t. IV, no 6.

Conseil fédéral. — Rapport mensuel, n° 45, sur l'état des travaux de la ligne du St-Gothard.

K. k. geolog. Reichsanstalt. — Jahrbuch, Jahrg. 1876; Bd. XXVI, 3. — Verhandlungen 1876, 11-13.

Königl. preuss. Acad. der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht, Juli, August, 1876.

Zoological society of London. — Proceedings, 1876; Part I-III.

Soc. des sciences de Nancy. — Bulletin, série II, t. II, fasc. 4.

Franklin institute. — Journal, n° 612.

Deutsch-geolog. Gesellschaft. — Zeitschrift, Bd. XXVIII, Heft 2.

Soc. de géographie de Genève. — Le Globe 1876, livr. 1-3.

GREPPIN, J.-B. — Observations géologiques, historiques et critiques sur les travaux des chemins de fer jurassiens.

SCHATZMANN, R. — Bulletin de l'industrie laitière, 1876.

FAVRE, Alph. — Notice sur la conservation des blocs erratiques et sur les anciens glaciers du revers septentrional des Alpes.

(Don de M. J. De la Harpe) :

1. OCHSENHEIMER. Schmetterlinge von Europa, 4 v. in-8°, 1807-1816.
2. TREITSCHKE. Schmetterlinge von Europa (Fortsetzung des Ochsenheimer'schen Werks), 12 v. in-8°, 1825-1835.
3. ID. Hülfsbuch für Schmetterlingssamler, in-8°, 1844.
4. HÜBNER. Beiträge z. Geschichte der Schmetterlinge, 1 v. in-8°, 1786-89.
5. ID. Verzeichniss aller zur Sammlung europäischer Schmetterlinge angegebenen Gattungs benennungen, in-8°, 1822.
6. ID. Supplementum ad Tortricides Europæ, in-4°. pl.
7. BORKHAUSEN. Naturgeschichte der europäischen Schmetterlinge, in-8° v. 1, (2 manque) 3-5 ; 1788-1794.
8. BRUAND. Essai monographique sur la tribu des Psychides, br. gr. in-8°.
9. ID. Catalogue systématique et synonymique des Lépidoptères du département du Doubs, gr. in-8°, 1845.
10. BRUAND, BELLIER DE LA CHAVIGNERIE. — Extraits divers des annales de la Société entomologique de France, 1 vol. in-8°, 1843-1858.
11. MILLIÈRE. — Création d'un genre nouveau, G. Apterona et histoire des insectes qui le composent, br. gr. in-8°, 1857.
12. Verzeichniss der europäischen Schmetterlinge, in-12, Breslau 1818.
13. GUÉNÉE. Europæorum microlepidopterorum index methodicus, in-8°, 1845.
14. DUPONCHEL. Catalogue méthodique des Lépidoptères d'Europe, in-8°, 1844.

15. Heidenreich. Systematisches Verzeichniss der europäischen Schmetterlinge, in-8°, 1846.
16. Wocke. Catalogue des lépidoptères d'Europe et des pays limitrophes, gr. in-8°, 1861.
17. Systema Lepidopterorum Europæ, in-4°.
18. Staudinger. De sesiis agri berolinensis, Dissertatio, in-4°, 1854.
19. Frey. Die Tineen und Pterophoren der Schweiz, in-8°, 1856.
20. Siebold. Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen.
21. *Extraits des annales de la Soc. entomol. de France.* Guénée : Note sur les mœurs de la Bryophila algœ, 1835. — Sur quelques nouveaux genres à établir dans les Lépidoptères, 1837. — Note monographique et rectificative sur le genre Talœporia, Zeller, 1845. — Notice nécrologique sur de Villiers, 1847. — Note monographique et rectificative sur un groupe du genre Morpho, où l'on décrit une espèce nouvelle, 1859. — Sur les Bombyx européens du genre B. quercus, 1858. — Sur le genre Lithusia, 1860. — Laboulbène et Follin. Note sur la matière pulvérulente qui recouvre la surface du corps des Lixus et de quelques autres insectes, 1848. — Laboulbène. Description d'une nouvelle espèce française de Lœmnophlœus, 1848. — Id. Etudes sur le genre Æpus de Leach et description d'une nouvelle espèce française, 1849. — Yersin. Note sur quelques orthoptères nouveaux ou peu connus, 1859. — Bellier de la Chavignerie. Description de l'Agrotis occidentalis, 1858. — Id. Observations sur la faune entomologique de la Sicile, 1860. — Id. Description de Lépidoptères nouveaux de l'île de Corse, 1861. — Martin. Rapport sur l'excursion provinciale faite à Besançon, Pontarlier et Jougne, 1860. — Id. Congrès de la Soc. entomologique à Clermont en Auvergne, 1860. — Millière. Notice chronologique sur Ch.-Th. Bruand d'Uzelle, 1861. — Id. Histoire des métamorphoses de l'acidalia asbestaria, 1856.
22. Dohrn. Entomologische Zeitung. 1859, pag. 211-259; 277-308; 325-404.
23. Correspondenzblatt für Sammler von Insecten, insbesondere von Schmetterlingen, 1858, n° 8-10, 1860, 1861.
24. Ott. Bericht über das Leben und Wirken der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft 1858-1859.
25. Mittheilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft. n° 2-5, 1862.
26. Bellier de la Chavignerie. — Discours prononcé à l'ouverture du congrès entomologique de Montpellier, le 8 juin 1857.

27. Yersin. Note sur le Pachytilus migratorius, 1858. — Sur quelques Orthoptères nouveaux ou peu connus de la France, 1854. — Sur la stridulation des Orthoptères. — Mémoire sur quelques faits relatifs à la stridulation des Orthoptères. — Instruction relative aux sauterelles voyageuses, 1859.
28. Herrich-Schæffer. Systematisches Verzeichniss der europäischen Schmetterlinge, 1861. — Prodromus systematis lepidopterorum, Versuch einer systematischen Anordnung der Schmetterlinge, 1864. — Ueber die Klassification der Tortricinen.
29. Lebert. — Skizzen aus dem Leben der Seidenraupe und der Geschichte ihrer Verbreitung, 1857.
30. Lederer. Drei neue Schmetterlinge, 1855.
31. Mann, J. Beschreibung sieben neuer Arten Microlepidopteren, 1872.
32. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, nº 116-118, 1855.
33. Ochsenheimer und Treitschke. Systematisch geordnetes Verzeichniss der europäischen Schmetterlinge.
34. A portion of Curtis's Guide. Ordre XI. Lepidoptera.
35. Meyer, H. Ueber die Entwicklung der innern Geschlechtstheile bei den Lepidopteren, 1848.
36. Staudinger. Pieris Krueperi. Ein neuer europäischer Tagfalter.
37. *Schweizerisches Forst-Journal,* nº 11, 1857, Tortrix pinnicolana.
38. De la Harpe, J. Catalogue des Tortricides suisses — Catalogue des Phalénites suisses. — Catalogue des pyrales suisses, 1854 — Contributions à la Faune de la Sicile. Lépidoptères, 1860.

Séance du 10 janvier 1877.

Soc. des ingénieurs civils. — Mémoires, 29e année, 5e cah.
Soc. d'Emulation du Doubs. — Mémoires, 4e série, v. VIII et IX.
Soc. industrielle de Mulhouse. — Bulletin, supplément de déc. 1876.
Soc. belge de microscopie. — Annales, t. II.
Soc. de géographie de Genève. — Le Globe, t. XV, livr. 4 à 6.
Soc. entomologique de Belgique. — Compte-rendu, série II, nº 32.
Jardin impérial de botanique de St-Pétersbourg. — Acta, supplementum ad t. III; t. IV, fasc. 1-2.
Acad. impér. des sc. de St-Pétersbourg. — Bulletin, t. XXII.
Conseil fédéral. — Rapport mensuel, nº 46, sur l'état des travaux de la ligne du St-Gothard.

Soc. impér. des naturalistes de Moscou. — Bulletin, 1876, nº 2.

Forel, F.-A. — Les seiches, vagues d'oscillation fixe des lacs. — La formule des seiches.

Grad, Ch. — Association française pour l'avancement des sciences. — Congrès de Nantes.

(Don de M. L. Dufour) — Verzeichniss der Bibliotek des Schweizerischen Polytechnikums, 1876.

Séance du 24 janvier 1877.

Naturhist. Verein der preuss. Rheinlande und Westfalens. — Verhandlungen, Jahrg. 32, 2te Hälfte; 33, 1te Hälfte.

Soc. géologique de France. — Bulletin, t. IV, 7; V, 1.

Société jurassienne d'émulation. — L'Emulation, pag. 257 à la fin, 1876.

Naturhist. Verein von Neu-Vorpommern und Rügen. — Mittheilungen, Jahrg. 8.

Soc. entomolog. de Belgique. — Compte-rendu, nº 33.

Reclus, El. — Nouvelle géographie universelle; II la France, gr. in-8º, 960 p. cartes. Paris 1877.

Wolf, Rud. — Astronomische Mittheilungen; XLI, p. 1-16.

Séance du 7 février 1877.

Soc. belge de microscopie. — Procès-verbal, nºs 2 et 3.

Jeunes naturalistes. — Feuille nº 76.

Soc. des ingénieurs civils. — Mémoires, nov.-déc. 1876.

Soc. géologique du Nord. — Annales III, 1875-76.

Manchester geological Society. — Transactions XIV, Part 6-7.

Zoological Society of Philadelphia. — The fourth annuel Report of the Board of director, 1876.

Plateau, Fél. — Note sur les phénomènes de la digestion et sur la structure de l'appareil digestif chez les Phalangides, 1876.

Plateau, J. — Sur les couleurs accidentelles et subjectives; 2e note, avec suite, 1876.

Séance du 21 février 1877.

Acad. impér. des sc. de St-Pétersbourg. — Bulletin, t. XXII, feuilles 32-36; t. XXIII, feuill. 1-11.

Soc. jurassienne d'émulation. — L'Emulation jurassienne, janvier 1877.

Conseil fédéral. — Rapport mensuel, nº 48, sur l'état des travaux de la ligne du St-Gothard.

Séance du 7 mars 1877.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisienne, n° 2.

Jeunes naturalistes. — Feuille, n° 77.

U. S. geological survey of the Territories. — Report, v. IX. Invertebrate palœontology; v. X, et Monograph of the Geometrid Moths. — Annual Report, 1874. — Bulletin II, 3. — Catalogue of the publications of th. U. S. G. S. — Congressional Directory, 44 congres.

American association for the advancement of science. — Proceedings, v. XXIV.

Academy of natural sciences of Philadelphia. — Proceedings, 1875. Part 1-3.

American philosophical society. — Proceedings, n° 97.

Academy of science of St-Louis. — Transactions, v. III, 3.

American Academy of arts and sciences. — Proceedings, new series, III.

Essex Institute. — Bulletin, v. VII, 1-12.

Boston society of natural History. — Memoirs, v. II, Part IV, 2-4. — Proceedings, v. XVII, Part 3-4; XVIII, 1-2. — The spiders of the United States.

Accademia Giœnia di sc. naturali in Catania. — Atti, serie terza, t. X. — Attestato di riconoscenza e medaglia commemorativa.

Istituto veneto di sc. lettere ed arti. — Atti, 1875-1876, t. II, serie quinta, disp. 1-9.

Séance du 21 mars 1877.

Naturforsch. Gesellsch. in Bern. — Mittheilungen, 906-922.

Soc. belge de microscopie. — Procès-verbal, n° 4.

Soc. linnéenne du Nord de la France. — Bulletin mensuel, nos 55-57.

Soc. entomologique de Belgique. — Compte-rendu, n° 35.

Reale Accademia dei Lincei. — Atti, v. I, fasc. 1, 2. — Di Giovanni Eckio e della istituzione dell' Accademia.

K. k. geolog. Reichsanstalt. — Jahrbuch, Bd. XXVI, Heft 4. — Verhandlungen 14-17.

Académie royale de Copenhague. — Bulletin 1875, 2-3; 1876, 1.

Soc. impér. des naturalistes de Moscou. — Bulletin, 1876, n° 3.

(Don de M. F.-A. Forel). — Lauterburg, R. Versuch zur Aufstellung einer allgemeinen Uebersicht der aus der Grösse und Beschaffenheit der Flussgebiete abgeleiten Schweizerischen Stromabflussmengen, etc., 1876.

Séance du 4 avril 1877.

Royal Society of London. — Proceedings, nos 164-174.
Jeunes naturalistes. — Feuille, no 78.
Senckenbergische naturforsch. Gesellsch. — Bericht, 1875-76.
Soc. jurassienne d'Emulation. — L'Emulation jurassienne, février-mars 1877.
Soc. d'études scientifiques de Lyon. — Bulletin, nos 1 et 2.
Soc. toscana di sc. naturali. — Procès-verbaux, 14 gennaio, 14 marzo.
Soc. des sc. de Nancy. — Bulletin, série II, t. II, fasc. V.
Franklin Institute. — Journal, no 614.
Soc. belge de microscopie. — Procès-verbal du 24 févr. 1877.
Soc. industrielle de Mulhouse. — Bulletin, févr. 1877.
R. Accademia dei Lincei. — Atti, serie terza; Transunti, v. I, fasc. 3.
Soc. géolog. de France. — Bulletin, 3e série, t. 4, no 8.
Acad. des sc. impér. de St-Pétersbourg. — Bulletin, t. XXIII, feuilles 12-25.
Plateau, Fél. — Les voyages des naturalistes belges, 1876.
(Don du Dr Pellis). — Bulletin de la Soc. vaud. des sc. naturelles, nos 31, 33, 35, 36, 39, en 1 v., t. IV, V et VI et nos 48, 49, 51-56.

Séance du 18 avril 1877.

Naturwissensch. Verein für die Provinz Sachsen und Thüringen v. Dr Giebel. — Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. — Correspondenzblatt. Bd. XLVII, XLVIII, 1876.
Académie royale des sciences à Amsterdam. Verslagen en Mededeelingen; Afd. Natuurk, 2e Reeks, X; Letterk. 2e Reeks, V. — Jaarboek, 1875. — Processen-verbaal, 1875-76.

Séance du 2 mai 1877.

Soc. géologique de France. — Bulletin, t. IV, no 9; V, no 2.
Soc. des ingénieurs civils. — Mémoires, janv.-févr., 1877.
K. k. zoolog.-botanische Gesellsch. in Wien. — Verhandlungen 1876, Bd. XXVI.
Naturh.-medicin. Verein zu Heidelberg. — Verhandlungen, N. F. Bd. I, Heft 5.
Soc. agric., scientif. et littér. des Pyrénées-Orientales; v. XIX et XXII.
Soc. d'Emulation du Doubs. — Mémoires, 4e série, v. X.

Soc. belge de microscopie. — Procès-verbal, nº 6.
R. Accademia dei Lincei. — Atti, serie terza, Transunti, v. I, fasc. 4.
Soc. scientif. industr. de Marseille. — Bulletin, 1876, 4e trim.
Soc. entomolog. belge. — Compte-rendu, nº 35.
Soc. de géographie de Genève. — Le Globe, t XVI, livr. 1.
Wolf, Rud. — Astronomische Mittheilungen, XLIII, p. 61-76.

(Don de M. L. Dufour) :

1. Journal des savants, petit in-12 ; 1655-1716, 66 v. ; 1725-1745, 84 v. ; 1751-53, 12 v. ; 1756-57, 8 v. (total 170 v.).
2. Moigno. — Les Mondes, 1866-1875 ; 29 v. (dont 6 incomplets).
3. Trabaud — Principes sur le mouvement et l'équilibre, in-4º, pl. 1741.
4. Maury. — The physical Geography of the Sea, 1855.
5. Newton. — Optice, in-4º, pl. 1740.
6. Id. — Philosophia naturalis principia mathematica, in-4º 1723.
7. Priestley. — Experiments and observations on different kinds of air, in-8º, 3. v., pl. 1774-1777.
8. Bergmann. — Traité des affinités chimiques, in-8º, 1788.
9. Faraday. — Manipulations chimiques, in-8º, 2 v. 1827.
10. Bernouilli, J. — Lettres sur différents sujets, 1777.
11. Hugenius. — Cosmotheoros, in-4º, 1698.
12. Pfeiffer, Cl. — Handbuch der elektro-magnetischen Telegraphie nach Morse'schem System, mit einem Atlas, 1865.
13. Hirn, G.-A. — Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur, 1862.
14. Mailly, Ed. — Essai sur la vie et les ouvrages de L.-A.-J. Quetelet, 1875.

* * *

LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS

RUE HALDIMAND, 4, LAUSANNE

Ouvrages scientifiques nouveaux :

Spencer (Herbert). — *Principes de biologie.* Traduit de l'anglais par CAZELLES. Tome Ier. In-8 . . . . 10 fr.

Huxley. — *Eléments d'anatomie comparée* des animaux invertébrés. Traduit de l'anglais par le Dr DARIN. In-12 avec planches . . . . 6 fr.

Grimard (Ed.). — *La botanique à la campagne.* Comment on devient botaniste. In-12 . . . . 5 fr.

Blaserna (F.). — *Le son et la musique*, suivis des *Causes physiologiques de l'harmonie musicale*, par HELMHOLTZ. In-8, avec figures . . . . 6 fr.

Agenda du chimiste, à l'usage des physiciens, chimistes, pharmaciens. 1 vol. in-16, cart. (avec préface de Ad. WURTZ) 2 fr. 50

Darwin. *Les plantes insectivores.* Traduit de l'anglais par E. BARBIER, avec biographie et notes complémentaires par Charles MARTINS. In-8, avec figures . . . . 10 fr.

Vogel (Charles). — *Le Monde terrestre* au point de vue actuel de la civilisation. Nouveau précis de géographie comparée, descriptive, politique et commerciale, avec une introduction, l'indication des sources et cartes. Tome Ier, contenant l'Europe en général et les pays de civilisation latine. In-8, relié . . . . 15 fr.

Espinas (Alfred). — *Des sociétés animales*, étude de physiologie comparée. In-8 . . . . 5 fr.

Edward B. Tylor. *La civilisation primitive.* Traduit de l'anglais par Mme BRUNEL. Tome Ier, relié . . . . 10 fr.

Gavarret. — *Phénomènes physiques de la phonation et de l'audition.* In-8 . . . . 10 fr.

Broca (Paul). — *Mémoires d'anthropologie* zoologique et biographique. In-8 . . . . 7 fr. 50

Oettli (J.). — *Principes de chimie générale.* In-12, avec fig. 3 fr. 50

Daveste. — *Recherches sur la production artificielle des monstruosités*, ou *Essais de tératogénie expérimentale.* In-8 . . . . 18 fr.

Schœdler (F.). — *Le livre de la nature.* Tome II, 2e partie. Eléments de botanique. Traduit sur la 18e édition allemande. In-8 . . . . 2 fr. 50

LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS

RUE HALDIMAND, 4, LAUSANNE

Flammarion. — *Les Terres du ciel.* In-8, illustré.	10 fr.
Huxley. — *Les sciences naturelles* et les problèmes qu'elles font surgir. In-12	4 fr.
Péligot. — *Le Verre,* son histoire, sa fabrication. In-8	14 fr.
Gautier. — *La sophistication des vins*, coloration artificielle et mouillage, moyens pratiques de reconnaître la fraude. In-12	2 fr. 50
Rumpf, **Mothes** et **Albert**. — *Dictionnaire technologique* français-allemand-anglais, contenant les termes techniques employés dans les arts et métiers, l'architecture, les ponts et chaussées et les chemins de fer, le mécanisme, la métallurgie, etc. 3 vol. in-8	37 fr. 50
Dr **Le Blond**. — *Manuel de gymnastique* hygiénique et médicale. In-12. Illustré de 80 gravures	5 fr.
A. Lutaud. — Manuel de médecine légale et de jurisprudence médicale. In-12 avec 38 figures	8 fr. 50
Figuier. — *Tables de l'Année scientifique* de 1857 à 1877. In-12	3 fr. 50
Fontaine. — Eclairage à l'électricité. In-8. Fig.	6 fr.
Poillon, prof. — Cours théorique et pratique des chaudières et machines à vapeur. Gr. in-8 avec fig.	20 fr.
Littré et **Robin**. — *Dictionnaire de médecine*, de chirurgie, de pharmacie. Quatorzième édition entièrement refondue. Gr. in-8, relié	24 fr.
Durier, Charles. — *Le Mont-Blanc.* In-8 avec gravures et cartes	16 fr.

SUPPLÉMENT
AU
DICTIONNAIRE DE LA LANGUE FRANÇAISE
DE E. LITTRÉ.

Le supplément renferme un grand nombre de termes d'art, de science, d'agriculture, etc., et des néologismes de tout genre appuyés d'exemples, et un dictionnaire étymologique de tous les mots d'origine orientale. Cette publication paraît en livraisons à 1 fr. et aura 12 livraisons. On peut souscrire pour l'ouvrage complet et relié.

Lausanne. — Imp. L. CORBAZ & Comp.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES SCIENCES NATURELLES

2e S. — Vol. XV.

N° 79.

Publié, sous la direction du Comité, par M. H. Dufour.

(Avec 9 planches. — Prix 7 fr.)

Contenu : Pages

G. du Plessis. — Notice anatomique sur les Platyhelminthes 233
J. Marguet et Hirzel. — Observations météorologiques en 1876 237
M. de Tribolet. — Gisements de calcaires hydrauliques 246
J. Marguet et Hirzel. — Observations météorologiques en 1877 256
E. Renevier. — Etat du musée géologique de Lausanne (1877) 267
Henri Dufour. — Recherches sur le téléphone de Bell 273
G. du Plessis. — Emploi du permanganate de potasse pour conserver les animaux marins délicats 278
E. Renevier. — Structure géologique du massif du Simplon 281
F.-A. Forel. — Limnimétrie du lac Léman (3e série) 305
Ch. Dufour. — Phénomène acoustique que présente l'église de Bex . . . 333

PROCÈS-VERBAUX et *Livres reçus.* Nos 1, 2, 3, 4, 5, de Octobre à Mars 1—88

AVIS. La pagination des procès-verbaux est indépendante de celle des mémoires. Cette pagination suivra pour le volume entier. — Chaque procès-verbal porte l'indication du Bulletin et du volume auquel il appartient. — Les membres de la Société *habitant le canton*, ayant déjà reçu les procès-verbaux, reçoivent des exemplaires du Bulletin ne contenant que les mémoires.

(Chaque auteur est responsable de ses écrits.)

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 15 1927
275763
NATIONAL MUSEUM

LAUSANNE
LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS, RUE HALDIMAND.

Avril 1878.

COMITÉ POUR 1878

MM. S. Chavannes, *Président* (rue du Collége),	Lausanne.
J. Larguier, Dr, *Vice-Président* (rue de Bourg),	id.
W. Fraisse, ingénieur (aux Jumelles),	id.
M.-J. Œttli, professeur (place Chauderon),	id.
G. du Plessis, professeur,	Orbe.

BIBLIOTHÈQUE

Montée de St-Laurent, N° 22, maison de la Société de consommation, ouverte le Mercredi et le Samedi, de 2 à 6 h. du soir, sauf pendant les séances.

Les membres de la Société qui seraient disposés à se dessaisir, en faveur de la Bibliothèque, de brochures ou d'ouvrages relatifs aux sciences naturelles, sont priés d'adresser leurs dons à M. le Bibliothécaire.

* * *

Bibliothécaire :	M. L. Mayor, prof. (Montée St-Laurent, 22.)
Caissier :	» Dutoit, banquier (Rue Pépinet).
Editeur du Bulletin :	» H. Dufour, prof. (Maupas, 23).

On est prié de s'adresser à la librairie Rouge & Dubois pour la rectification des adresses qui ne seraient pas exactes.

Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles.
Vol. XV. N° 79. 1878.

NOTICE ANATOMIQUE
SUR LES
PLATYHELMINTHES

PAR

M. G. DU PLESSIS, professeur.

Epithelium polyédrique des Planariens.

L'épiderme cilié qui recouvre la peau des Planaires n'a jamais été bien étudié dans sa composition élémentaire. La plupart des auteurs se contentent de dire que c'est de l'épithélium vibratile, ce qui ne nous renseigne nullement sur la forme et les rapports de ces éléments. D'autres parlent vaguement d'épithélium cylindrique, d'autres encore disent ne trouver nullement de cellules, mais une couche continue de sarcode semée çà et là de noyaux et traversée par les bâtonnets urticants. Tout cela s'explique quand on sait combien il est difficile de reconnaître les limites véritables des cellules épithéliales chez ces êtres. D'abord l'épiderme est tellement bourré de bâtonnets et le protoplasma des cellules qui sont sans membrane limitante se confond tellement de l'une à l'autre que l'épiderme paraît en effet une seule couche granuleuse farcie de bâtonnets. Cependant il est des moyens qui trahissent les limites des cellules et permettent de reconnaître leurs contours. Ces moyens s'adressent à la substance intercellulaire sécrétée par les cellules et la colorent plus que les cellules elles-mêmes. Qu'on fasse agir pendant 1 ou 2 minutes sur une *Planaria lactea jeune encore,* une solution au centième de nitrate d'argent ou une solution concentrée d'hypermanganate de potasse dans l'eau distillée, et l'on verra apparaître sur toute la peau une mosaïque composée de cellules irrégulièrement polyédriques formant un dallage très caractéristique. Ce dessin résulte de ce que les réactifs ont coloré surtout en noir ou brun la substance intercellulaire qui cimente les cellules. Celles-ci sont donc de l'épithelium plat et polyédrique couvert de cils vibratiles. Chaque cellule montre un noyau distinct quoique souvent masqué par les bâtonnets. Tout ceci est d'accord avec ce qui se passe chez tous les Rhabdocèles, d'après les observations de Graff et nos propres recherches. Nous avons d'ailleurs constaté le même fait chez les Planaires marines; ainsi donc les Dendrocèles comme les Rhabdocèles ont la peau recouverte d'une couche simple de cellules épithéliales ciliées et polygonales. Quant au nombre des angles, il varie. Il y a des éléments triangulaires, quadrangulaires, etc.

La coupe optique montre que cet épithélium a une certaine hauteur et c'est ce qui l'a fait prendre pour cylindrique, mais à tort, car les cellules ne seraient en tous cas que des prismes très surbaissés, elles sont toujours plus larges que hautes et il n'y en a qu'une seule couche. Elles sécrètent à leur base une membrane cuticulaire limitante.

Larves du Vortex Lemani.

On connaît peu les larves des Phabdocèles. Nous avons observé cette année en quantité celles du Vortex Lemani. Elles confirment le fait, déjà connu, que la plupart des Rhabdocèles n'ont pas de métamorphoses. Ces larves microscopiques, pas plus grandes que des infusoires ciliés, ressemblent déjà tout à fait aux adultes, moins les organes sexuels. Elles présentent un exoderme, un entoderme, la trompe et les canaux aquifères. Tout le corps est couvert de cils égaux. La seule différence d'avec les adultes, c'est que, comme chez les larves de Planaires, de distance en distance sortent de longues soies, plus longues et plus fortes que les cils ordinaires et qui se correspondent par paires de chaque côté du corps. Elles disparaissent chez l'adulte.

Cuticule des Triaenophores.

On n'a pas assez insisté sur le fait que les Triaenophores présentent une cuticule composée de cils agglutinés si serrés et si collés ensemble que la pointe seule est un peu libre. Il en résulte que la cuticule a l'aspect d'une brosse ou d'un velours très fin. De profil elle paraît striée. Cette cuticule se détache très bien de la peau par des réactifs endosmotiques. Les poils qui la composent se décollent et se séparent dans l'acide acétique qui dissout la substance intercellulaire qui les unit. Ainsi donc ces Ténias possèdent un véritable habit ciliaire, mais chitinisé, et composé de cils agglutinés. C'est là un fait très intéressant si l'on songe que les Cestodes et Trématodes ont une organisation entièrement parallèle à celle des Turbellariés, que ces deux groupes proviennent probablement d'une même souche et que les uns, restés libres, ont gardé l'habit ciliaire de la peau, les autres vivant en parasites l'ont vu se chitiniser et disparaître sauf chez les Triaenophores, où il reste encore des cils agglutinés qui ne bougent plus mais sont un témoin de l'ancienne parenté qui unissaient les deux groupes divergents.

Formation des cellules sexuelles chez le Microstome linéaire.

On n'est pas encore bien d'accord sur cette question, car il est très difficile de maintenir ces êtres délicats assez longtemps en vie pour en suivre l'évolution. Tout l'été le Microstome linéaire se reproduit abondamment par division transversale et l'on observe des chaînes de 4 et 8 individus, qui représentent des Ténias en miniature. En automne les produits sexuels commencent (comme on le sait depuis Oeersted) à se montrer, mais toujours seulement dans le dernier individu postérieur de chaque colonie. C'est là que nous en avons suivi l'évolution. Ce que nous avons vu concerne la formation des produits sexuels mâles. Chaque Microstome est un animal à deux feuillets la peau en dehors, le sac intestinal qui limite la cavité digestive au dedans. Entre ces deux membranes, engaînées l'une dans l'autre, comme dans un bonnet de nuit, se trouve un espace intermédiaire, l'espace périgastrique qui, chez les Turbellariés, est rempli pour les Microstomes comme chez les autres Rhabdocèles, par un tissu conjonctif réticulaire. Aux mailles des réseaux se trouvent les noyaux des cellules conjonctives. C'est aux dépens de ces cellules que se forment les cellules testiculaires. Elles sont rondes et il s'en forme des deux côtés de la partie postérieure du corps deux longues traînées entre la peau, qu'elles font enfler à cette place et le sac digestif qu'elles resserrent et rétrécissent. Ces deux traînées de cellules rondes sécrètent une mince cuticule qui les enveloppe et forment ainsi les deux masses testiculaires pyriformes. Ces deux traînées convergent sur la ligne médiane et les cellules rondes qui les constituent multiplient leurs noyaux qui se changent en zoospermes à tête allongée en manche de fouet, portant un long cil vibratile. Celui-ci semble même s'enrouler encore en spirale autour du manche de fouet qui forme la tête du zoosperme. Au confluent des deux traînées testiculaires, les zoospermes s'amassent dans les mailles du tissu cellulaire et s'entourent d'une enveloppe cuticulaire qui forme une poche séminale arrondie. De cette poche part un canal recourbé en faucille. Là les cellules qui le forment sécrètent plus abondamment la cuticule chitineuse et il en résulte un tube rigide recourbé en faucille et qui est le pénis.

Quant à la formation des produits sexuels femelles, c'est-à-dire des œufs et ovaires, tout ce que nous en savons, c'est qu'ils se forment aussi dans le parenchyme du dernier individu de chaque colonie, mais jamais dans un individu présentant des produits sexuels mâles. En automne donc, le dernier anneau de chaque colonie se sexualise, mais il est selon les colonies mâle ou femelle et jamais hermaphrodite. Ici donc, à plusieurs générations a. sexuelles succède, en automne, une génération sexuelle.

OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE

de l'Asile des aveugles, à Lausanne.

COMPTE-RENDU

DES

PRINCIPAUX FAITS OBSERVÉS

pendant l'année civile 1876.

Observateur : M. **Hirzel**, Directeur de l'Asile.
Délégué à l'observatoire : M. **J. Marguet**, professeur.

Le tableau n° 1 donne les résultats numériques, et le tableau n° 2 représente graphiquement ces résultats.

Le tableau n° 3 indique la fréquence et la direction moyenne des différents vents principaux pendant chaque mois.

Température.

La température moyenne observée, déduite des observations de 7ʰ, 1ʰ et 9ʰ du soir, a été de 10,13 degrés centigrades.

Température corrigée : 10,13 — 0,3 = 9,83.

Cette température est de 0,28 supérieure à celle de 1875.

Température des diverses saisons.

Saisons météorologiques.			**Saisons astronomiques.**		
Décemb. 1875	—0,77	2,11	Janvier 1876	—0,90	6,46
Janvier 1876	—0,90		Février	+2,78	
Février	+2,78		Mars	4,58	
Hiver : moy.	+ 0,70		Hiver : moy.	+2,15	
Mars	4,58	25,08	Avril	8,82	38,20
Avril	8,82		Mai	11,68	
Mai	11,68		Juin	17,71	
Printemps : moy.	8,36		Printemps : m.	12,74	
Juin	17,71	58,77	Juillet	20,83	55,11
Juillet	20,83		Août	20,23	
Août	20,23		Septembre	14,05	
Été : moyenne	19,59		Été : moyenne	18,37	
Septembre	14,05	30,86	Octobre	12,51	21,79
Octobre	12,51		Novembre	4,30	
Novembre	4,30		Décembre	4,98	
Automne : moy.	10,29		Automne : moy.	7,26	
Année : moy.	9,74	116,82	Année : moy.	10,13	121,57

Année météorologique moins année astronomique
$= 9,74 - 10,13 = - 0,39.$

On voit que l'hiver et le printemps météorologiques sont plus froids que les saisons de même dénomination comptées astronomiquement ou selon l'usage civil ; c'est l'inverse pour l'été et l'automne météorologiques. Il importe de bien indiquer dans les comptes-rendus l'année qui a servi à établir la moyenne, car la différence des moyennes, prises selon l'usage météorologique ou l'usage civil, est notable.

Jours de non-dégel (température inférieure à zéro aux trois heures d'observation).

En janvier, *quinze* jours, les 1, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 24, 25.

En février, *sept* jours, les 1, 2, 5, 7, 8, 11, 12.

En novembre, *deux* jours, les 10 et 11. — En tout, pendant l'année, *vingt-quatre* jours.

Extrêmes de la température aux heures d'observation (7^h, 1^h, 9^h).

	Maximum.	Minimum.	Différence.	
Janvier	+ 5,0 le 4	— 7,0 les 5 et 6	12	degrés centigr.
Février	+ 12,6 le 21	— 6,0 le 11	18,6	»
Mars	+ 11,8 le 31	— 2,6 le 19	14,4	»
Avril	+ 16,2 le 10	+ 1,0 le 14	15,2	»
Mai	+ 22,9 le 31	+ 4,5 le 3	18,4	»
Juin	+ 24,9 le 22	+ 11,8 le 2	13,1	»
Juillet	+ 26,4 le 16	+ 13,4 le 25	13,0	»
Août	+ 27,6 le 13	+ 11,1 le 26	16,5	»
Septembre	+ 22,9 le 6	+ 7,0 le 14	15,9	»
Octobre	+ 19,8 le 14	+ 4,0 le 31	15,8	»
Novembre	+ 12,1 le 13	— 5,8 le 11	17,9	»
Décembre	+ 12,4 le 2	— 1,2 le 27	13,6	»

Plus haute température de l'année : 27,6, le 13 août.

Plus basse » » — 7,0, les 5 et 6 janvier.

Variation annuelle : 34,6 degrés centigrades.

Température moyenne réduite au niveau de la mer :

9,83 + 2,68 = 12,51.

Pression atmosphérique.

Hauteur moyenne barométrique annuelle corrigée parce que la moyenne des heures (7^h, 1^h, 9^h) diffère de la moyenne des 24 heures (voir *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, XIII, 73, p. 323) :

716,20 — 0,10 = 716,10 millimètres.

Ce nombre diffère très peu de la moyenne des observations faites à 1ʰ pendant l'année, moyenne égale à 716,20. La moyenne de 1876 est inférieure de 1,2 millimètre à celle de 1875.

Hauteur barométrique des diverses saisons.

Saisons météorologiques.			**Saisons astronomiques.**		
Déc. 1875 .	719,33	57,91	Janvier 1876	722,10	49,66
Janvier 1876	722,10		Février . .	716,48	
Février . .	716,48		Mars . . .	711,08	
Hiver : moy.	719,30		Hiver : moy.	716,55	
Mars . . .	711,08	43,89	Avril . . .	716,79	48,98
Avril . . .	716,79		Mai . . .	716,02	
Mai . . .	716,02		Juin . . .	716,17	
Printemps : m.	714,63		Printemps : m.	716,33	
Juin . . .	716,17	54,19	Juillet. . .	720,07	55,07
Juillet. . .	720,07		Août . . .	717,95	
Août . . .	717,95		Septembre .	717,05	
Été : moyenne	718,06		Été : moyenne	718,36	
Septembre .	717,05	45,98	Octobre . .	715,91	40,64
Octobre . .	715,91		Novembre .	713,02	
Novembre .	713,02		Décembre .	711,71	
Automne : m.	715,33		Automne : m.	713,55	
Année : moy.	716,83	201,97	Année : moy.	716,20	194,35

Année météorologique moins année astronomique

$$= 716{,}83 - 716{,}20 = +\ 0{,}63 \text{ millim.}$$

Cette différence est notable.

Extrêmes de la pression atmosphérique aux heures d'observation (7h, 1h, 9h).

	Maximum.		Minimum.		Différence.
Janvier	732,62	le 24	711,17	le 9	21,45 millim.
Février	725,95	le 2	706,07	le 7	19,88 »
Mars	721,73	le 2	698,53	le 10	23,20 »
Avril	724,44	le 25	705,53	le 18	18,91 »
Mai	722,76	les 4 et 29	710,71	le 15	12,05 »
Juin	727,73	le 18	706,52	le 10	15,21 »
Juillet	726,14	le 16	716,10	le 24	10,04 »
Août	723,91	le 6	708,09	le 24	15,82 »
Septembre	725,37	le 20	709,59	le 14	15,78 »
Octobre	722,36	le 29	708,76	le 19	13,60 »
Novembre	724,44	le 3	709,93	le 27	14,51 »
Décembre	723,22	le 27	695,16	le 21	28,06 »

Plus forte pression de l'année : 732,62 le 24 janvier.
Plus faible » » 695,16 le 21 décembre.

Variation annuelle : 37,46 millimètres.

Hauteur moyenne réduite au niveau de la mer :

716,20 + 45,11 = 761,31.

Variation diurne moyenne.

Elle est obtenue en divisant chacune des différences ci-dessus par le nombre de jours du mois correspondant.

	Millim.		Millim.
Janvier	0,69	Juillet	0,32
Février	0,71	Août	0,51
Mars	0,74	Septembre	0,53
Avril	0,63	Octobre	0,44
Mai	0,39	Novembre	0,48
Juin	0,51	Décembre	0,90
Somme	3,67	Somme	3,18

Variation moyenne annuelle : 0,57 millim.

Humidité relative.

Mois rangés d'après l'humidité relative moyenne la plus grande.
Saturation représentée par 100.

	Tant p^r 100		Tant p^r 100
Décembre	96,2	Mars	83,0
Janvier	94,8	Août	78,4
Octobre	93,6	Avril	74,0
Septembre	92,5	Mai	72,3
Février	89,4	Juin	70,8
Novembre	86,3	Juillet	63,5
Somme	552,8	Somme	442,0

Humidité relative annuelle : 82,9.

L'année 1876 a été plus humide que 1875.

Nébulosité du ciel.

La quantité de nuages est appréciée par les nombres de zéro à dix. — 0 désigne un ciel sans nuages dans toute l'étendue de l'horizon visible, 10 un ciel couvert dans toute cette étendue.

Mois rangés d'après la plus grande nébulosité.

	Nébulosité moyenne		Nébulosité moyenne
Février	9,07	Novembre	6,85
Janvier	8,97	Octobre	6,55
Décembre	8,50	Mai	6,39
Mars	8,20	Juin	6,10
Septembre	7,61	Août	5,74
Avril	7,52	Juillet	4,48
Somme	49,87	Somme	36,11

Nébulosité moyenne de l'année : 7,165.

L'année 1876 a été plus nuageuse que l'année 1875.

En appelant jour *sombre* celui où la nébulosité moyenne a été supérieure à 5, et jour *clair* celui où la nébulosité moyenne a été inférieure à 5, on a les résultats indiqués ci-dessous :

	Jours sombres.	Jours clairs.
Janvier	27,81	3,19
Février	26,30	2,70
Mars	25,42	5,58
Avril	22,56	7,44
Mai	19,81	11,19
Juin	18,30	11,70
Juillet	13,89	17,11
Août	17,79	13,21
Septembre	22,83	7,17
Octobre	20,31	10,69
Novembre	20,55	9,45
Décembre	26,35	4,65
Année	261,92	104,08

NB. Chacun des nombres mensuels a été obtenu en multipliant la nébulosité moyenne du mois, et son complément à 10 par le $^1/_{10}$ du nombre de jours du mois.

Nombre de jours où le ciel a été entièrement couvert à chaque heure d'observation, c'est-à-dire pendant toute la journée.

Janvier	18	Juillet	2
Février	14	Août	3
Mars	9	Septembre	5
Avril	7	Octobre	8
Mai	6	Novembre	7
Juin	4	Décembre	8
Somme	58	Somme	33

Année : 91 jours, soit environ 24,86 pour cent.

Vent dominant et direction moyenne du vent.

Le vent de Sud-Ouest a été dominant pendant les mois de février, mars et septembre, et plus fréquent en février que dans les deux autres mois. Dans tous les autres mois, ce sont les vents d'Est qui ont dominé. Octobre a été signalé par la prédominance du vent d'Est, et les autres mois, janvier, avril, mai, juin, juillet, août, novembre et décembre se sont fait remarquer par la prédominance du vent de Nord-Est. C'est en mai que ce dernier vent a soufflé le plus souvent (voir tableau nº 1). De là, pendant l'année, une résultante générale de tous les vents soufflant d'entre Est et Sud à 10 degrés du point Est (voir tableau nº 3).

En 1875, le vent dominant a été aussi le Nord-Est.

Hauteur d'eau tombée et nombre de jours de chute d'eau sous différents états.

La neige est tombée : en janvier, *deux* fois, les 2 et 18; en février, *sept* fois, les 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13 ; en mars, *sept* fois, les 7, 8, 11, 18, 19, 22, 23; en avril, *une* fois, le 12 ; en novembre, *cinq* fois, les 1, 6, 8, 10, 12; en décembre, *quatre* fois, les 20, 22, 24, 26. En tout, *vingt-six* fois pendant l'année.

La pluie est tombée *cent dix-neuf* fois. Le nombre total des jours de chute d'eau a été de 145. Il y a donc eu chute d'eau 39,7 fois sur 100 jours.

La hauteur totale d'eau a été de 1093^{mm},57, dépassant de 28,2 millimètres celle de 1875.

Bourrasques. Orages.

Bourrasques (vent noté 4). — Janvier, du N. E., le 5. — Février, du S. W., les 7, 8, 19, 24 et 26. — Mars, du S. W., les 7, 9, 10, 11, 12 et 15. — Avril, du N. E., les 5 et 6; du N., le 12. —

Bu

Asile des aveugles).

MOYENNE 12	NÉBULOSITÉ DE 0 à 10 13	VENT DOMINANT 14	D r (
94,8	8,97	N. E. *30%*	E
89,4	9,07	S. W. *64*	S
83,0	8,20	S. W. *48*	S
74,0	7,52	N. E. *40*	N
72,3	6,39	N. E. *47*	N
70,8	6,10	N. E. *35*	N.
63,5	4,48	N. E. *45*	N.
78,4	5,74	N. E. *36*	N.
92,5	7,61	S. W. *34*	E.
93,6	6,55	E. *27*	N.
86,3	6,85	N. E. *42*	N.
96,2	8,50	N. E. *37*	N.
82, 90	7,16	N. E. *39%*	E.

(Tableau 1).

Année 1876.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE LAUSANNE (Asile des aveugles).

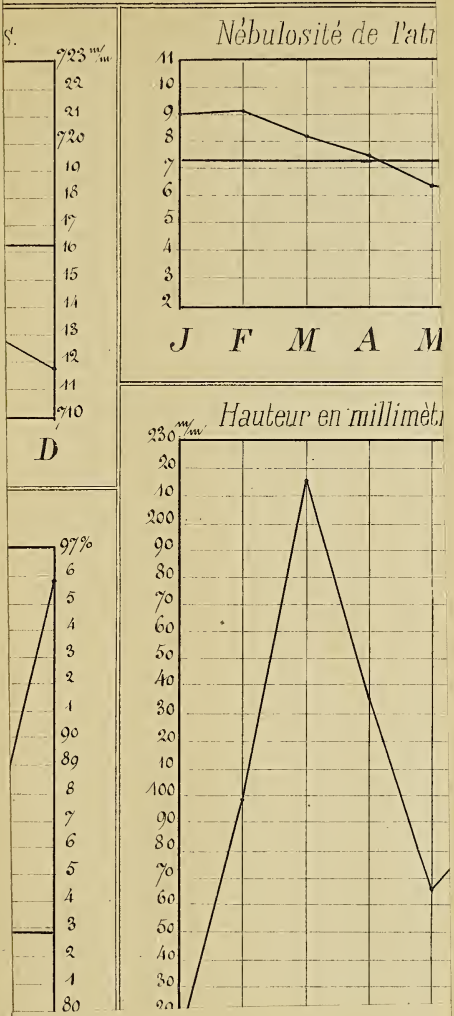
Observateur : M. Hirzel, directeur.

MOIS	Thermomètre centigrade.			MOYENNE	Baromètre à 0d. en millimètres.			MOYENNE	Humidité relative.			MOYENNE	NÉBULOSITÉ DE 0 à 10	VENT DOMINANT	DIRECTION moyenne du vent.	FRÉQUENCE du vent tant pr %	HAUTEUR d'eau en millimètres	NOMBRE de jours de chute d'eau	HAUTEUR moyenne ou pour un jour chute d'eau.
	7 h. 1	1 h. 2	9 h. 3	4	7 h. 5	1 h. 6	9 h. 7	8	7 h. 9	1 h. 10	9 h. 11	12	13	14	15	16	17	18	19
JANVIER	− 1,36	− 0,08	− 1,03	− 0,90	722,28	721,80	722,33	722,10	95.4	93,6	94,8	94,8	8,97	N. E. *30*%	E. 24°,3 S.	39,0	10,88	4	2,72
FÉVRIER	+ 1,63	+ 3,91	+ 2,79	+ 2,78	716,77	716,46	716,22	716,48	90.8	88,9	88,6	89,4	9,07	S. W. *64*	S. 36°,4 W.	64,1	98.75	16	6,17
MARS	+ 3,30	+ 6,01	+ 4,66	+ 4.58	711,52	710,89	711,34	711,08	88,5	79,2	81,6	83,0	8,20	S. W. *48*	S. 10°,5 W.	35,9	215,38	21	10,26
AVRIL	7,50	11,37	8,93	8,82	717,89	717,78	714,71	716,79	80,5	66,9	74,7	74,0	7,52	N. E. *40*	N. 75°,6 E.	27,5	135,25	15	9,02
MAI	10,35	13,87	10,39	11,68	716,30	715,77	715,97	716,02	76,1	61,6	73,0	72,3	6,39	N. E. *47*	N. 77°,5 E.	33,5	64,38	12	5,35
JUIN	17,22	19,71	16,20	17,71	716,30	715,71	716,50	716,17	73,0	66,7	72,8	70,8	6,10	N. E. *35*	N. 76°,9 E.	35,7	91,50	14	6,54
JUILLET	19,76	23,15	19,58	20,83	720,31	719,81	720,09	720,07	69,8	57,0	63,6	63,5	4,48	N. E. *45*	N. 50° E.	51,3	21,00	3	7,00
AOUT	19,65	21,91	19,12	20,23	717,97	717,96	717,93	717,95	79,3	79.9	76,1	78,4	5,74	N. E. *36*	N. 77°,6 E.	22,5	120,87	12	10,07
SEPTEMBRE	12,74	16,20	13,23	14,05	717,00	716,83	717,33	717,05	91,8	92,9	92.9	92,5	7.61	S. W. *34*	E. 80° S.	30,5	115,18	13	8,86
OCTOBRE	11,20	14,10	12,23	12,51	713,86	716,76	717,12	715,91	93,0	93,8	94,0	93,6	6,55	E. *27*	N. 90° E.	55,5	38,37	5	7,67
NOVEMBRE	+ 3,28	+ 5,82	+ 3,81	+ 4,30	713,05	712,92	713,08	713,02	91,1	83,4	85,6	86,3	6,85	N. E. *42*	N. 64°,5 E.	57,0	86,88	14	6,21
DÉCEMBRE	+ 4,06	+ 6,14	+ 4,67	+ 4,98	711,53	711,69	711,93	711,71	96,3	98,7	93,6	96,2	8,50	N. E. *37*	N. 68° E.	2,9	95,13	16	5,95
ANNÉE	9,11	11,84	9,55	10,13	716,23	716,20	716,21	716,20	85,47	80,22	82,61	82, 90	7,16	N. E. *39*%	E. 10° S.	26,85	1093,57	145	7,15

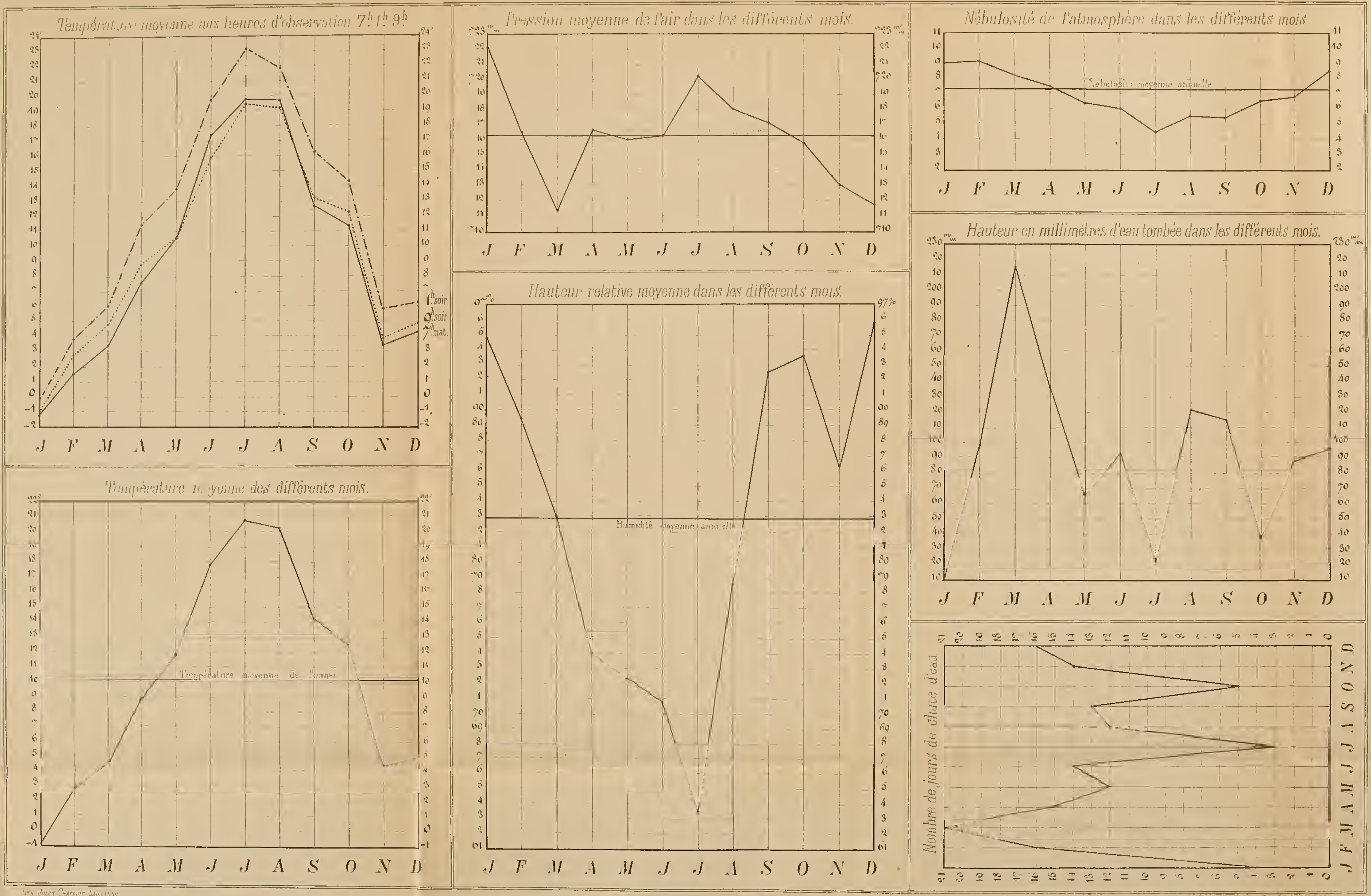
[illegible] LAUSANNE

Dressé par Js MARGUET.

nne pendant l'année civile 187



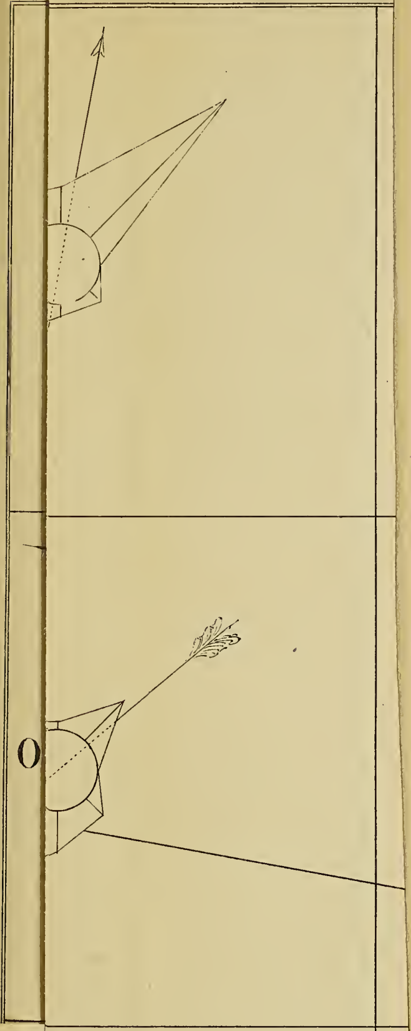
(Tableau 2). **Résumé graphique des observations météorologiques faites à l'Asile des Aveugles de Lausanne pendant l'année civile 1876.**



Lith. Jules Chappuis Lausanne

Dressé p. Js MARGUET.

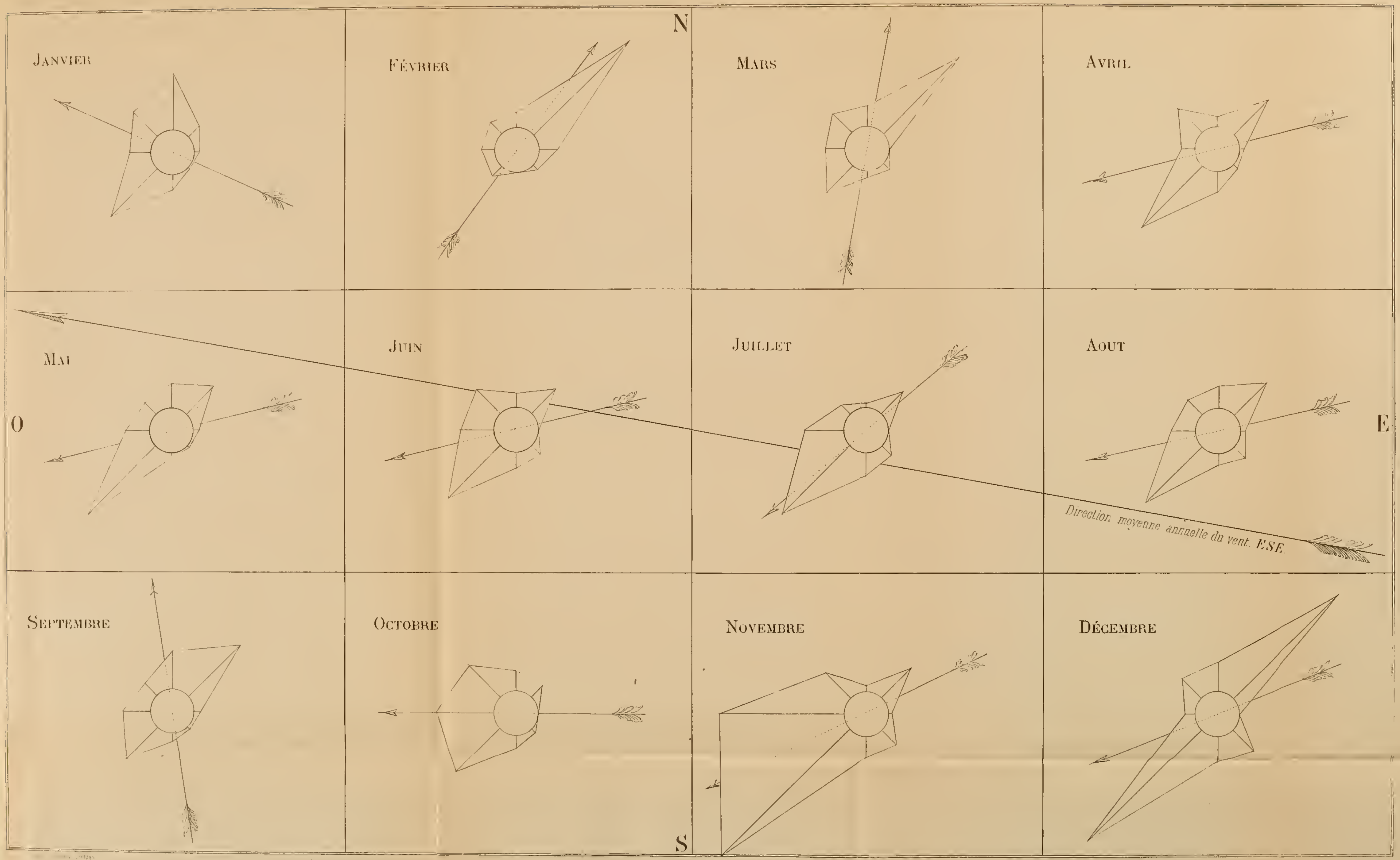
de l'année civile 1876.



(Tableau 3).

Fréquence et direction moyennes du vent dans les différents mois de l'année civile 1876.

Bull. Soc Vaud. Sc. nat. Vol XV.-Pl. XVI.



N. B. — Les figures ont été tracées en portant à partir de la circonférence, dans la direction et le sens des différents vents, un nombre de millimètres égal à celui qui indique leur fréquence. — Les flèches indiquent la direction moyenne du vent et marchent dans le sens du vent. La grande flèche marque la direction moyenne annuelle.

Dressé par J. MARGUET.

Mai, du N. E., les 7, 8, 14, 18 et 19. — Juin, du N. E., le 27. — Juillet, du N. E., les 12, 13, 14, 15 et 21. — Septembre, du S. W., les 1 et 8. — Octobre, du S. W., le 1. — Décembre, du S. W., les 4 et 19. — En résumé, le vent a soufflé, en tempête, pendant l'année : du N. E., *quatorze* fois ; du N., *une* fois ; du S W., *quinze* fois. — *NB*. Le 4 décembre, la girouette a été abattue par un coup de vent.

Orages. — On a noté sous cette rubrique les phénomènes électriques dont le bruit a été entendu distinctement de l'observatoire, bien que l'orage n'ait pas passé sur la ville. Lorsque l'orage a passé sur la ville, il est indiqué d'une manière spéciale. Les éclairs sans tonnerre perceptible ont été aussi indiqués.

Orages sur la ville : en juillet, le 24, et dans la nuit 24-25 ; le tonnerre a grondé depuis le 24, à 2^h du matin, jusqu'à $6^h\ {}^1/_2$ du matin le 25 ; en août, le 19, de minuit à $1^h\ {}^1/_2$ du matin. — *Tonnerre :* En juin, les 7, 8 et 23 ; en juillet, le 31 ; en août, les 13 et 14. — *Éclairs :* En juin, les 13, 22, 24 et 25 ; en juillet, les 7 et 17 ; en août, les 16, 17 et 18 ; en septembre, le 5 ; en décembre, le 7.

Le 29 mars, à $11^h\ {}^1/_2$ du matin, coups de tonnerre.

Le 2 mai, à $8^h\ {}^1/_2$ du matin, secousse de tremblement de terre à Neuchâtel ; le 7 mai, à 5^h du matin, secousse de tremblement de terre ressentie à l'observatoire, dans le bâtiment de l'hôpital et dans le petit bâtiment à l'ouest de l'atelier.

Le délégué : J. MARGUET.

* * *

ÉTUDES GÉOLOGIQUES & CHIMIQUES
SUR QUELQUES
GISEMENTS DE CALCAIRES HYDRAULIQUES
DU
VÉSULIEN DU JURA NEUCHATELOIS

PAR

M. DE TRIBOLET

Ce travail fait suite à celui que j'ai publié il y a deux ans, en collaboration de M. Alfred Klunge, sur les calcaires hydrauliques de l'Oxfordien et de l'Astartien du Jura neuchâtelois et vaudois[1]. Il traite des gisements des calcaires hydrauliques vésuliens du Jura neuchâtelois et tout spécialement de ceux de Noiraigue (Furcil) et de Saint-Sulpice.

M. G. Dubied à St-Sulpice, MM. Leuba frères à Noiraigue et M. G. Coulin à Neuchâtel, ont eu l'obligeance de me communiquer les analyses qu'ils possèdent des calcaires de ces deux localités et à l'aide desquelles j'ai rédigé ce travail qui peut être considéré comme étant le complément normal de celui que je viens de mentionner.

VÉSULIEN[2]

Régulièrement intercalé entre la Dalle nacrée et la Grande Oolite, le Vésulien forme un horizon marno-calcaire constant, qui, comme l'Oxfordien moyen, prend une large part dans la formation du relief orographique du Jura. Il est généralement composé de calcaires marneux et de marnes dont le développement varie suivant les localités. La puissance de cet étage varie aussi considérablement. Elle peut être évaluée en moyenne à 15-25 mètres[1]. Très puissant dans la région orientale du Jura neuchâtelois et en particulier au Furcil, le Vésulien va en s'amincissant à mesure qu'on avance vers l'ouest. Aux Brenets, il n'atteint guère qu'une dizaine de mètres; sur la route de Morteau à Pontarlier, il a à peu près disparu (Jaccard).

---

[1] *Bull. Soc. vaudoise sc. nat*, XIV, 75, p. 65.

[2] Marnes vésuliennes ou à Discoïdées.

Quant à sa richesse fossilifère, elle est assez grande. Dans certains endroits, les calcaires ne sont pour ainsi dire composés que d'un triturat de fossiles, mélangé de sable. M. Klunge a aussi constaté dans quelques analyses, qu'ils contiennent généralement des matières organiques, tandis que ceux de l'Oxfordien et de l'Astartien ne paraissent en renfermer aucune trace. Le Vésulien est un terrain à faciès vaseux. Les Céphalopodes y sont passablement rares. Quant aux Pélécypodes, les représentants de la famille des Myacées (*Pholadomya, Pleuromya, Ceromya, Thracia, Anatina*) y sont très fréquents. Parmi les Brachiopodes, je nommerai les *Rhynchonella spinosa, varians* et la *Terebratula intermedia.*

La plus ancienne des exploitations de calcaires hydrauliques vésuliens du Jura neuchâtelois et la plus considérable de toutes, — du moins jusqu'à l'ouverture de celle de Saint-Sulpice, — est celle du Furcil, près de Noiraigue. A proximité du cours d'eau de l'Areuse, de la station de chemin de fer de Noiraigue et gérée par deux sociétés différentes (Duvanel et Cie et Leuba frères), cette exploitation a fait de tout temps et fait encore une grande concurrence aux quelques autres fabriques du Jura.

On n'a ainsi pas été étonné de voir disparaître successivement les exploitations oxfordiennes du Creux-du-Vent, de

---

[1] Dans beaucoup de cas, cette puissance se trouve considérablement amoindrie: ainsi au Petit-Château (Chaux-de-Fonds), etc.

Ste-Croix et les exploitations vésuliennes des Thévins-sous-Jougne et de St-Sulpice-Sevestre.

Et malgré cela, qui dirait que chaque année encore l'importation en Suisse des chaux hydrauliques et des ciments étrangers augmente continuellement. En 1872, cette importation était de 1,569,095 kilogr. Elle a augmenté jusqu'en 1876 de 3,605,005 kilogr.

En 1873,	elle était de	2,086,455	kilogr.
1874,	»	3,909,410	»
1875,	»	4,948,695	»
1876,	»	5,174,100	»

C'est dans la qualité inférieure des produits *naturels* livrés par nos quelques fabriques du Jura, que doit être cherchée, à ce que je crois, la seule cause de cette importation croissante. Il est vrai que les matières premières, c'est-à-dire les calcaires hydrauliques, n'y font pas défaut, mais on ne sait malheureusement pas les préparer d'une manière convenable, de manière à en faire des chaux hydrauliques et des ciments qui puissent être employés avec succès.

Nos ingénieurs, architectes et industriels ont aussi le grand tort de faire venir ces matériaux de l'étranger, au lieu de favoriser notre fabrication indigène et de s'occuper des moyens propres à la perfectionner.

Heureusement que l'on commence maintenant à s'occuper sérieusement à améliorer cette fabrication : d'un côté, c'est le syndicat de l'usine des Convers qui s'efforce de mettre ses produits au niveau de ceux qui nous arrivent du dehors; de l'autre, c'est M. Dubied, à St-Sulpice, qui nous livrera bientôt des chaux hydrauliques et des ciments qui répondront à toutes les exigences de l'art.

Il est malheureusement à prévoir que l'exploitation du Furcil devra cesser dans un nombre d'années fort rapproché. En effet, elle est déjà si avancée, que l'utilisation du gisement ne peut plus se faire qu'en galeries. Or comme on ne peut perforer toujours le rocher sans menacer tôt ou tard l'existence de la route du Val-de-Travers qui passe au-dessus, il est évident que cette exploitation arrivera bientôt à son terme final.

La petite exploitation de Brot-dessous est située à environ 800 mètres du Furcil, dans la continuation du même gisement.

Telles sont les deux seules exploitations vésuliennes actuellement en activité.

Quant aux gisements du fond du cirque de St-Sulpice, que j'ai décrits comme vésuliens [1], et que je persiste à regarder comme tels, malgré l'opinion différente de géologues comme MM. Desor, Jaccard et Renevier [2], je n'en dirai ici que deux mots. L'exploitation Sevestre, située sur la rive droite de l'Areuse, a été abandonnée il y a quelques années. Sur la rive gauche, M. Gustave Dubied en ouvrira une vers la fin de 1878. Formée par une société en commandite au capital-actions de 750,000 francs, cette exploitation, basée sur les installations les plus modernes et les plus perfectionnées, ne livrera que des produits *artificiels* (ciment Portland), tandis que les autres concurrentes n'en produisent que de *naturels* (chaux hydrauliques et ciments) [3].

L'exploitation des Thévins-sous-Jougne ne s'était établie que pour subvenir aux besoins de la construction du chemin de fer de Jougne à Eclépens. Elle fut fermée tôt après l'ouverture de ce dernier.

Enfin, parmi les gisements vésuliens non exploités du Jura neuchâtelois, je mentionnerai ceux de la Combe aux Auges et de Pouillerel, dans les environs de la Chaux-de-Fonds; ceux de Torneret, des Frêtes et du col des Roches, dans les environs du Locle ; ceux du vallon de la Vaux, de la Denairiaz (Chasseron) et du Larmont.

---

[1] *Notice géol. sur le cirque de St-Sulpice; Bull. Soc. sc. nat. de Neuchâtel,* 1873, p. 8.

[2] Je renvoie pour ma défense aux *Bull. Neuch.,* 1873, p. 443, et à mon travail précédemment cité sur les calcaires hydrauliques, etc., p. 8 (*Bulletin,* p. 72.)

[3] Voy. *Rapports sur le projet de construction d'une usine pour la fabrication des chaux hydrauliques, ciment naturel et ciment Portland.*, etc. Neuchâtel 1875.

Les analyses des calcaires hydrauliques vésuliens que je mentionne plus loin, ont été exécutées au laboratoire de l'Ecole polytechnique de Zurich (1 et 2) ; au Furcil, par MM. Leuba frères (3 et 4) ; au laboratoire de l'Ecole des ponts et chaussées de Paris (5 et 9) ; au Hâvre, par M. G. Lennier (6 et 8) ; à Genève, par M. Michaud (11 et 12) ; à Berlin, par MM. Frühling-Michaelis (10) et enfin à Neuchâtel, par M. le professeur Sacc (7).

1 et 2. Furcil (*roche calcinée*).

SiO^2	25,898	21,84
Al^2O^3	8,140	14,55 (1)
Fe^2O^3	2,509	
CaO	54,776	50,00
MgO	1,607	1,11
SO^3	2,633	traces
Alcalis	1,566	4,44
Perte	2,871	8,06
	100	100

3 et 4. Furcil (*roche non calcinée*).

SiO^2	20,80	14,50
Al^2O^3	7,75	5,00
$FeCO^3$		
$CaCO^3$	67,20	75,50
$CaSO^4$	traces	traces
$MgCO^3$	2,10	2,00
Alcalis	0,80	0,70
H^2O et perte	1,35	2,30
	100	100

---

(1) En me communiquant leurs deux analyses mentionnées plus loin, MM. Leuba frères m'écrivent que dans les calcaires hydrauliques du Furcil, le

5. Furcil (*roche non calcinée*).

Rés. insol. dans acides (¹)	23,05
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	3,85
CaO	37,65
MgO	1,00
SO^3	0,25
$CO^2 + H^2O$ et prod. non dosés	34,20
	100

6. Furcil (*roche non calcinée*).

SiO^2	20,15
$Al^2O^3 + FeCO^3$	7,20
$CaCO^3$	64,95
H^2O et prod. non dosés	7,70
	100

7. St-Sulpice (*roche calcinée*).

SiO^2	27,296
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$ (²)	13,385
CaO	51,185
MgO	0,524
Alcalis	0,524
H^2O	7,086
	100

fer ne s'y trouve en général qu'en proportion minime et qu'il ne dépasse guère 1 p. c. Néanmoins certains bancs en possèdent une teneur plus considérable, soit de 3 à 4 p. c. La moyenne entre 1 et 4 p. c. étant de 2,50, j'ai basé sur cette somme mes calculs de proportion entre l'alumine et le fer, afin d'obtenir ainsi la quantité de silicate d'alumine caractéristique pour les différentes catégories des calcaires hydrauliques.

(¹) Mélange de silice et d'argile.

(²) Afin de pouvoir distinguer la proportion entre l'alumine et le fer qui n'ont pas été dosés séparément dans les analyses 7, 8 et 9 de Saint-Sulpice, j'ai pris le nombre 7,542 comme proportion moyenne de l'alumine, telle que je l'ai calculée à l'aide des données fournies par les analyses 10, 11 et 12.

8. St-Sulpice (*roche non calcinée*).

SiO^2	32,27
$Al^2O^3 + FeCO^3$	8,05
$CaCO^3$	49,63
H^2O et prod. non dosés	10,05
	100

9. St-Sulpice-Sevestre (*roche non calcinée*).

Rés. insol. dans acides	33,40
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	5,05
CaO	30,90
MgO	0,95
SO^3	0,20
$CO^2 + H^2O$ et prod. non dosés	29,50
	100

10. St-Sulpice-Sevestre (*roche non calcinée*).

SiO^2	23,404
Al^2O^3	6,504
Fe^2O^3	2,746
CaO	34,419
CO^2	26,774
MgO	1,415
MnO	traces
SO^3	0,941
Alcalis	1,368
H^2O	2,981
	100,552 (1)

---

(1) MM. Frühling et Michaelis classent dans deux catégories les différentes substances obtenues par leurs analyses :

SiO^2, Al^2O^3, Fe^2O^3, MnO : S.

$CaCO^3$, $MgCO^3$, SO^3, Alcalis, H^2O : A.

Cela donne pour l'analyse mentionnée : S : 32,654 p. c.; A : 67,898 p. c. En outre, je trouve dans les données que M. Dubied m'a obligeamment

11 et 12. St-Sulpice-Dubied (*roche non calcinée*).

SiO^2	18,820	26,232
Al^2O^3	6,310	9,814
Fe^2O^3	2,455	2,310
CaO	54,243	40,545
$CO^2 + H^2O$	17,250	19,350
MgO	0,715	1,230
MnO	traces	traces
SO^3	0,012	0,015
Alcalis	0,073	0,437
P^2O^5	0,007	0,005
Mat. organ. (¹)	traces	traces
Perte	0,115	0,062
	100	100

En classant ces différentes analyses d'après les principes de Vicat que j'ai rapidement exposés dans le travail mentionné précédemment (p. 4 ; *Bull.*, p. 68), nous pourrons nous faire une idée de la qualité des calcaires hydrauliques qui affleurent dans les deux gisements vésuliens que je viens de décrire. Nous aurons ainsi :

---

communiquées, les chiffres suivants, résultats d'analyses faites également par MM. Frühling et Michaelis sur les calcaires hydrauliques vésuliens de St-Sulpice :

Roche à ciment	S : 25,71 p. c.;	A : 74,29 p. c.
Chaux hydraulique	S : 18,73 p. c.;	A : 81,27 p. c.
» »	S : 18,88 p. c.;	A : 81,12 p. c.
Roche à cim. (tendre)	S : 48,31 p. c.;	A : 51,69 p. c.
» » (dur)	S : 27,32 p. c.;	A : 72,68 p. c.

(¹) Dans les analyses de calcaires hydrauliques oxfordiens et astartiens publiées dans le travail mentionné précédemment, M. Klunge n'a jamais rencontré de matières organiques, sauf peut-être de légères traces pour un ou deux échantillons. En revanche, les calcaires vésuliens lui ont paru en contenir généralement et en plus grande quantité.

I. Chaux hydraulique.	Furcil	17,00	$SiO^2Al^2O^3$	Leuba.
II. Ciment.	»	34,038	» »	Zurich.
»	»	33,89	» »	»
»	»	26,05	» »	Leuba.
»	»	24,40	» »	Paris.
»	»	24,85	» »	Lennier.
»	St-Sulpice	34,838	» »	Sacc.
»	»	39,812	» »	Lennier.
»	»	40,942	» »	Paris.
»	»	29,908	» »	Früh. & Mich.
»	»	25,130	» »	Michaud.
»	»	36,046	» »	»

Avec ces analyses, il m'est possible de donner la composition moyenne approximative des calcaires hydrauliques vésuliens exploités au Furcil et à St-Sulpice. Elle peut être facilement fixée comme suit :

Furcil ; 26,704 p. c. de silicate aluminique.
St-Sulpice : 34,446 p. c. id. id.

En comparant ces compositions moyennes avec celles que nous avons indiquées précédemment des calcaires hydrauliques oxfordiens des Convers et de Vallorbes (p. 19; *Bulletin*, p. 83), nous obtiendrons :

St-Sulpice : 34,446 p. c. de silicate aluminique.
Furcil : 26,704 p. c. » »
Convers : 25,45 p. c. » »
Vallorbes : 23,77 p. c. » »

ADDITION[1]

(Voy. p. 249.)

Prix de transport d'une tonne de 1000 kilog. (sans parler du droit fédéral de 3 fr. par tonne) :

I

	De Grenoble.	**De St-Sulpice.**	**Economie.**
A Genève	15,90	9,80	6,10
A Lausanne	18,60	6,80	11,80
A Neuchâtel	24,40	3,00	21,40
A Bienne	24,70	5,00	19,70
A Bâle	30,10	10,40	19,70

II

	D'Allemagne.	**De St-Sulpice.**	**Economie.**
A Bâle	20,50	10,40	10,10
A Olten	22,50	8,40	14,10
A Zurich	27,70	12,20	15,50

---

[1] *Union libérale* du 30 décembre 1876.

* * *

OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE

de l'Asile des aveugles, à Lausanne.

COMPTE-RENDU

DES

PRINCIPAUX FAITS OBSERVÉS

pendant l'année civile 1877.

Observateur : M. **Hirzel**, Directeur de l'Asile.
Délégué à l'observatoire : M. **J. Marguet**, professeur.

Le tableau n° 1 donne les résultats numériques de l'année, et le tableau n° 2 les représente graphiquement.

Le tableau n° 3 indique la fréquence et la direction moyenne des différents vents principaux pendant chaque mois et la moyenne annuelle. (Voir Pl. 17, 18, 19.)

Température.

Température moyenne annuelle observée	10,09
Correction	—0,30
Température moyenne corrigée	9,79 deg. cent.
Celle d'avril n'en diffère que de	0,35 en moins.

Jours de non-dégel (température inférieure à zéro aux trois heures d'observation).

Février, *un* jour, le 28. — Mars, *six* jours, les 1, 2, 9, 10, 11 et 12. — Décembre, *quatre* jours, les 20, 21, 22 et 23. — En tout, pendant l'année, *onze* jours.

La température de janvier a été élevée d'une manière exceptionnelle.

Extrêmes de la température aux heures d'observation (7^h^, 1^h^, 9^h^).

	Maximum.	Minimum.	Différence.
Janvier . .	14,6 le 9	— 2,2 le 17	16,8 degrés centigr.
Février . .	11,1 le 16	— 3,8 le 28	14,9 »
Mars . . .	15,0 le 29	— 7,8 le 11	22,8 »
Avril . . .	15,7 le 10	+ 2,5 le 17	13,2 »
Mai. . . .	18,0 le 28	5,0 le 2	13,0 »
Juin . . .	27,5 le 13	12,7 le 2	14,8 »
Juillet. . .	26,8 le 24	12,0 le 18	14,8 »
Août . . .	26,4 le 19	14,0 le 3	12,4 »
Septembre .	22,8 le 8	5,4 le 27	17,4 »
Octobre . .	16,6 le 15	0,7 le 19	15,9 »
Novembre .	12,0 le 7	1,4 le 27	10,6 »
Décembre .	8,6 le 8	— 5,7 le 22	14,3 »

Plus haute température de l'année : + 27,5, le 13 juin.
Plus basse » » — 7,8, le 11 mars.

Variation annuelle : 35,3.

Moyenne réduite au niveau de la mer : 9,79 + 2,68 = 12,47.

Température moyenne des diverses saisons.

Saisons météorologiques.			Saisons astronomiques.		
Décembre 1876	4,98	12,83	Janvier 1877	4,16	11,41
Janvier 1877	4,16		Février . .	3,69	
Février	3,69		Mars . . .	3,56	
Hiver : moyenne	4,28		Hiver : moyenne	3,80	

Mars	3,56		Avril	9,44	
Avril	9,44	24,60	Mai	11,60	41,01
Mai	11,60		Juin	19,97	
Printemps : moy.	8,20		Printemps : m.	13,67	
Juin	19,97		Juillet	18,79	
Juillet	18,69	58,39	Août	19,73	52,28
Août	19,73		Septembre	13,76	
Été : moyenne	19,46		Été : moyenne	17,43	
Septembre	13,76		Octobre	7,95	
Octobre	7,95	28,48	Novembre	6,77	16,49
Novembre	6,77		Décembre	1,77	
Automne : moy.	9,49		Automne : moy.	5,49	
Année : moy.	10,37		Année : moy.	10,09	

Année météorologique moins année astronomique : = + 0,28.

Variation diurne de la température.

En prenant pour variation diurne moyenne la différence entre la plus grande et la plus petite des moyennes mensuelles obtenues pour chaque heure d'observation (7^h, 1^h, 9^h), on trouve pour les différents mois les résultats suivants :

	Millim.		Millim.
Janvier	2,23	Juillet	3,77
Février	2,74	Août	3,33
Mars	3,58	Septembre	4,32
Avril	3,25	Octobre	3,96
Mai	3,26	Novembre	2,46
Juin	3,76	Décembre	1,70
Somme	18,82	Somme	19,54

Variation diurne moyenne annuelle : 3,20 degrés centigr.

Pression atmosphérique.

Moyenne observée	717,00
Correction	0,10
Moyenne corrigée	716,90

Hauteur réduite à 0° et au niveau moyen de la mer :
716,90 + 45,11 = 762,01 millimètres.

Pression atmosphérique dans les diverses saisons.

Saisons météorologiques.			Saisons astronomiques.		
Déc. 1876	711,71	18,90	Janvier 1877	718,71	19,31
Janvier 1877	718,71		Février	718,48	
Février	718,48		Mars	712,12	
Hiver : moy.	716,30		Hiver : moy.	716,44	
Mars	712,12	8,37	Avril	711,56	15,23
Avril	711,56		Mai	714,69	
Mai	714,69		Juin	718,98	
Printemps : m.	712,79		Printemps : m.	715,08	
Juin	718,98	26,10	Juillet	718,97	25,04
Juillet	718,97		Août	718,15	
Août	718,15		Septembre	717,92	
Été : moyenne	718,70		Été : moyenne	718,35	
Septembre	717,92	23,59	Octobre	719,78	24,47
Octobre	719,78		Novembre	715,89	
Novembre	715,89		Décembre	718,80	
Automne : m.	717,86		Automne : m.	718,16	
Année : moy.	716,41		Année : moy.	717,00	

Année météorologique moins année astronomique : = — 0,59.

Extrêmes de la pression atmosphérique aux heures d'observation (7^h, 1^h, 9^h).

	Maximum.	Minimum.	Différence.
Janvier . . .	728,1 le 21	702,4 le 4	25,7
Février . . .	728,4 le 6	703,6 le 21	24,8
Mars	728,5 le 4	697,1 le 20	31,4
Avril	720,1 le 21	699,2 le 18	20,9
Mai.	722,6 le 16	704,8 le 6	17,8
Juin	725,7 le 7	713,9 le 22	11,8
Juillet. . . .	725,6 le 9	709,5 le 15	16,1
Août	722,9 le 27	713,7 le 8	9,2
Septembre . .	723,5 le 14	709,1 le 21	14,4
Octobre . . .	726,4 le 16	708,7 le 24	17,7
Novembre . .	726,9 le 15	700,4 le 29	26,5
Décembre . .	728,8 le 15	703,4 le 26	25,4

Variation diurne moyenne.

En prenant pour variation diurne moyenne la différence entre la plus grande et la plus petite des moyennes mensuelles obtenues pour chaque heure d'observation (7^h, 1^h, 9^h), on trouve pour les différents mois les résultats suivants :

	mm.		mm.
Janvier	0,10	Juillet	0,29
Février	0,10	Août	0,14
Mars	0,50	Septembre	0,30
Avril	0,38	Octobre	0,40
Mai	0,03	Novembre	0,17
Juin	0,93	Décembre	1,16
Somme . . .	2,04	Somme . . .	2,46

Variation moyenne annuelle : 0,37.

Humidité relative.

La moyenne annuelle a été de 83,1.

Mois rangés d'après la plus grande humidité relative.

Janvier	95,9	Décembre	84,1
Mai	89,6	Octobre	83,1
Juillet	86,6	Juin	79,3
Novembre	86,3	Avril	78,6
Mars	84,7	Août	73,1
Février	84,2	Septembre	71,4

Variation diurne de l'humidité relative.

C'est la différence entre la plus grande et la plus petite des moyennes horaires mensuelles.

Janvier	6,8	Juillet	4,9
Février	12,5	Août	14,6
Mars	9,9	Septembre	16,1
Avril	12,1	Octobre	10,6
Mai	7,7	Novembre	4,0
Juin	6,7	Décembre	2,0
Somme	55,7	Somme	52,2

Variation diurne moyenne annuelle : 8,99.

Nébulosité du ciel.

Le chiffre 0 indique un ciel sans nuages dans toute l'étendue de l'horizon visible; un ciel entièrement couvert est indiqué par le nombre 10.

Nébulosité moyenne annuelle : 6,83.

En appelant jour *sombre* celui où la nébulosité moyenne a été supérieure à 5, et jour *clair* celui où la nébulosité moyenne a été inférieure à 5, on peut dresser le tableau ci-dessous :

	Jours sombres.	Jours clairs.
Janvier	17,70	13,30
Février	22,54	5,46
Mars	25,42	5,58
Avril	20,31	9,69
Mai	23,87	7,13
Juin	16,53	13,47
Juillet	20,49	10,51
Août	18,51	12,49
Septembre	15,81	14,19
Octobre	17,86	13,14
Novembre	24,18	5,82
Décembre	25,70	5,30
Année	248,92	116,08

NB. Chacun des nombres mensuels a été obtenu en multipliant la nébulosité moyenne et son complément à 10 par le $^1/_{10}$ du nombre de jours du mois.

Le mois de septembre a été le plus favorisé du soleil, et décembre le moins favorisé.

Vent dominant et direction moyenne.

Si l'on appelle vent d'Ouest celui qui vient de la région située à gauche de la ligne Nord-Sud en regardant le Nord et vent d'Est celui qui vient de la région située à droite de cette même ligne, le vent a soufflé de l'Ouest sans interruption de janvier à juillet inclusivement (voyez la planche n° 3), c'est-à-dire que la direction moyenne du vent pendant ces sept mois a été de l'Ouest à l'Est. Dans les mois d'août, septembre, octobre, décembre, au contraire, la direction moyenne a été de l'Est à l'Ouest. La direction moyenne du vent en novembre a été exactement du Sud au Nord. D'où il est résulté que la direction moyenne de l'année a été celle d'un vent d'entre Nord et Ouest. — Le vent de Sud-Ouest a été dominant pendant les mois de février, mars, avril, mai, juillet et novembre; le vent de Nord-Est a été dominant pendant les mois de janvier, juin, août, septembre, octobre et décembre.

En juin, on a noté un nombre égal de fois des vents de N.-E. et des vents de S.W.

Les figures du tableau nº 3 ont été construites en portant, à partir de la circonférence dans la direction et le sens de chacun des huit vents principaux, un nombre de millimètres égal à celui qui marque combien de fois chacun de ces vents a été noté sur 100 vents observés pendant le mois.

La direction et la fréquence d'un mois ont été obtenues par une construction graphique qui reproduit la formule de *Lambert.*

La direction et la fréquence moyennes de l'année ont aussi été obtenues graphiquement, en composant comme des forces les vents moyens de chaque mois représentés en grandeur et en direction par les résultats mensuels.

Le tableau ci-contre donne pour les différents mois la fréquence, en tant pour cent, de chaque vent et le nombre de fois que le vent a été presque nul (calme) :

Fréquence des vents observés pendant l'année 1877 à la girouette.

Vents	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Vents
N	9,5	3,0	5,7	7,1	14,0	5,8	12,5	8,6	3,4	7,6	4,8	11,5	N
N E	38,1	22,4	26,1	26,2	25,8	34,9	23,9	37,6	60,2	48,9	33,3	47,1	N E
E	0,0	0,0	2,3	4,8	3,2	1,2	3,4	4,3	0,0	1,1	4,8	5,8	E
S E	0,0	0,0	2,3	5,9	5,4	3,5	2,3	6,4	1,1	4,3	8,3	3,4	S E
S	1,2	3,0	4,5	4,8	7,5	3,5	6,8	2,2	2,3	1,1	1,2	1,1	S
S W	32,2	46,3	36,4	38,1	40,9	34,9	39,7	34,4	27,3	29,4	40,4	23,0	S W
W	0,0	0,0	5,7	2,4	1,0	8,1	4,6	4,3	2,3	1,1	2,4	2,3	W
N W	19,0	25,3	17,0	10,7	2,2	8,1	6,8	2,2	3,4	6,5	4,8	5,8	N W
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	Total
Calme	°/o 34,5	°/o 43,3	°/o 44,3	°/o 42,8	°/o 43,0	°/o 43,0	°/o 34,1	°/o 38,7	°/o 45,5	°/o 47,8	°/o 51,2	°/o 40,2	Calme

De ce tableau on extrait les résultats ci-après pour les différents mois :

	Rapport du Nord au Sud.	Rapport de l'Ouest à l'Est.
Janvier	2,00	1,34
Février	1,03	3,19
Mars	1,13	1,92
Avril	0,90	1,38
Mai	0,78	1,28
Juin.	1,16	1,29
Juillet	0,88	1,72
Août	1,12	0,85
Septembre	2,18	0,54
Octobre	1,81	0,68
Novembre	0,86	1,02
Décembre	2,34	0,55
Année moyenne . .	1,35	1,31

Les vents du Nord sont : N, N E, N W ; les vents du Sud : S, S E, S W ; les vents d'Ouest : W, N W, S W ; les vents d'Est : E, N E, S E.

Ce tableau confirme les résultats du tableau lithographié nº 3 et lui sert de vérification.

Hauteur d'eau tombée et nombre de jours de chute d'eau sous différents états.

L'eau est tombée à l'état de neige, grésil ou grêle : en janvier, *trois* fois, les 26, 30 et 31 ; en février, *six* fois, les 1, 4, 21, 22, 27 et 28 ; en mars, *six* fois, les 1, 2, 6, 7, 13 et 22 ; en avril, *deux* fois, le 17 (neige), 24 (grésil) ; en mai, *une* fois, le 25 (grésil) ; en septembre, *une* fois, le 8 (grêle) ; en novembre, *trois* fois, les 21, 25, 26 ; en décembre, *quatre* fois, les 16, 26, 28 et 29. En tout, *vingt-six* fois.

L'eau est tombée en pluie *cent dix-huit* fois.

Nombre de jours de chute d'eau, total : 144.

Hauteur d'eau tombée : 1148,49 millimètres.

C'est le mois de mai qui a donné la hauteur maximum (237,63) et octobre la hauteur minimum (36,50).

Le mois de mars a donné le plus grand nombre de jours de chute d'eau (18); le mois de septembre le plus petit (5).

Tempêtes. Orages.

La force du vent, depuis le 1er avril, est indiquée par la nouvelle girouette au moyen des nombres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, qui signifient vent nul, très faible, faible, modéré, assez fort, fort, violent.

Tempêtes de Sud-Ouest : en janvier, les 2, 5 et 30; en février, les 20 et 26; en mars, les 21 et 27; en novembre, le 25; en décembre, les 26 et 27. En tout, *dix* fois.

Fort vent du *Nord-Est :* en janvier, les 21, 22 et 23; en mars, les 9 et 10; en avril, le 20; en octobre, les 6, 7 et 9; en décembre, très fort le 20. En tout, *dix* fois.

Orages dont le tonnerre a été entendu de la station : en mai, le 13; en juin, les 1, 5, 8, 9, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 24; en juillet, les 5, 6, 12, 16, 22, 24 ; en août, les 1, 19, 21, 22, 23, 30, 31 ; en septembre, les 8 et 9; en novembre, le 25. En tout, *vingt-neuf* fois. Année très orageuse.

Le 31 août, la foudre a incendié de nombreux bâtiments dans le canton de Vaud.

Le 8 octobre, secousse de tremblement de terre ressentie à l'Asile.

Le délégué : J. Marguet.

(Asile des aveugles).

MOYENNE 12	NÉBULOSITÉ DE 0 à 10 13	V DOM
95,9	5,71	N.
84,2	8,05	S.
84,7	8,20	S.
78,6	6,77	S.
89,6	7,70	S.
79,3	5,51	N.E.&
86,6	6,61	S.
73,1	5,97	N.
71,4	5,27	N.
83,1	5,76	N.
86,3	8,06	S.
84,1	8,29	N.
83,1	6,83	S.

Année 1877.

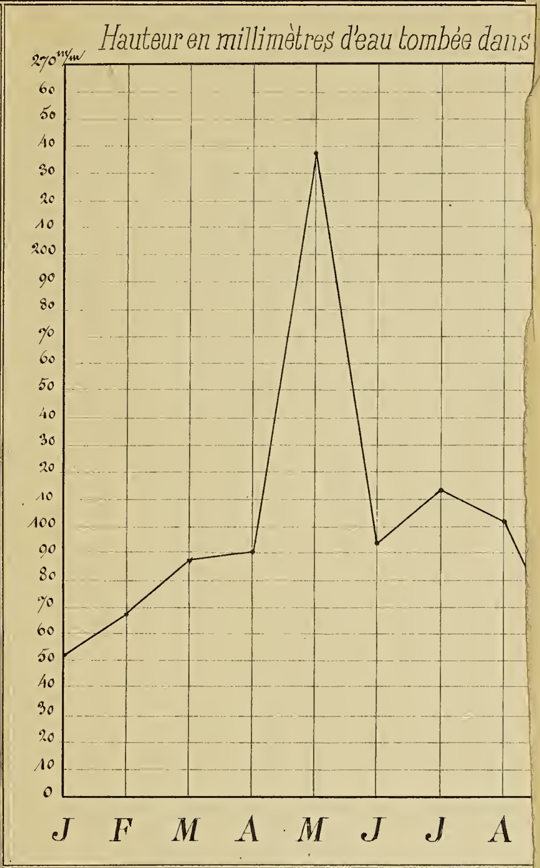
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE LAUSANNE (Asile des aveugles).

Observateur : M. Hirzel, directeur.

MOIS	Thermomètre centigrade.			MOYENNE	Baromètre à 0°.en millimètres.			MOYENNE	Humidité relative.			MOYENNE	NÉBULOSITÉ DE 0 à 10	VENT DOMINANT	DIRECTION moyenne du vent.	FRÉQUENCE du vent tant pr %	HAUTEUR d'eau en millimètres	NOMBRE de jours de chute d'eau	HAUTEUR moyenne ou pour un jour chute d'eau.
	7 h. 1	1 h. 2	9 h. 3	4	7 h. 5	1 h. 6	9 h. 7	8	7 h. 9	1 h. 10	9 h. 11	12	13	14	15	16	17	18	19
JANVIER	+ 3.45	5.64	3,41	4,16	718,70	718,65	718.80	718,71	98,6	91,8	97,5	95,9	5,71	N. E. 38 %	E. 71°,0 S.	27,8	51,51	9	5,72
FÉVRIER	2,41	5.15	3.52	3,69	718,51	718,34	718,61	718,48	90,0	77,5	85,1	84,2	8.05	S. W. 46	E. 1°,3 S.	34,8	68,25	12	5,69
MARS	1,97	5.55	3.16	3,56	712,52	711,68	712,18	712,12	89,0	79,1	86,1	84,7	8,20	S. W. 36	E. 13°,0 S.	21,8	87,38	18	4,86
AVRIL	8,04	11,29	8,99	9,44	711,80	711,42	711,46	711,56	86,0	73,9	75,9	78,6	6,77	S. W. 38	N. 75°,8 E.	9.6	90,13	13	6,93
MAI	10,35	13,61	10.46	11,60	714.71	714,68	714,69	714,69	85,0	89,5	92,7	89,6	7,70	S. W. 41	N. 44°,7 E.	8,7	237,63	17	13,98
JUIN	19,03	22,32	18,56	19,97	719,19	718,42	719,35	718,98	76,1	78.2	82,8	79,3	5,51	N.E.&S.W. 35	E. 29°,5 S.	11,6	93,75	8	11,72
JUILLET	17,88	20.99	17,22	18,69	719,15	718,90	718,86	718,97	84,6	85,7	89,5	86,6	6,61	S. W. 40	N. 82°,5 E.	16.2	113,08	13	8,70
AOUT	18,70	21,87	18.54	19,73	718,20	718,06	718,20	718,15	79,6	65,0	74,8	73,1	5,97	N. E. 38	S 41°,5 W.	8,0	101,63	12	8,47
SEPTEMBRE	12,12	16,44	12,73	13,76	718,08	717,78	717,91	717,92	79,1	63,0	72,2	71,4	5,27	N. E. 60	S. 39°,9 W.	30,0	51.13	5	10,23
OCTOBRE	6,25	10,21	7,39	7,95	719.76	719,60	720,00	719,78	87,7	77,1	84.7	83,1	5,76	N. E. 49	S. 28°,7 W.	25,0	36,50	9	4,06
NOVEMBRE	5,45	7.91	6,97	6,77	715,93	715,79	715,96	715,89	85,0	85,0	89,0	86,3	8,06	S. W. 40	S. 0°,0 W.	4,2	120,00	12	10,00
DÉCEMBRE	1,25	2.95	1,61	1,77	718,36	718,50	719,52	718,80	85,4	83,4	83,5	84,1	8,29	N. E. 47	S. 32°,5 W.	34,7	97,50	16	6,09
ANNÉE	8,91	11,99	9,38	10,09	717.08	716,82	716,30	717,00	85,5	79,1	84,5	83,1	6,83	S. W. 39 %	E. 63°,3 S.	9,54	1148,45	144	7,97

Dressé par Jс Marguet.

ndant l'année civile 1877. Bull. Soc. Vaud


Hauteur en millimètres d'eau tombée dans

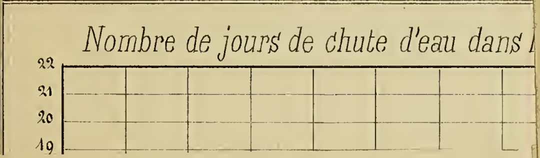
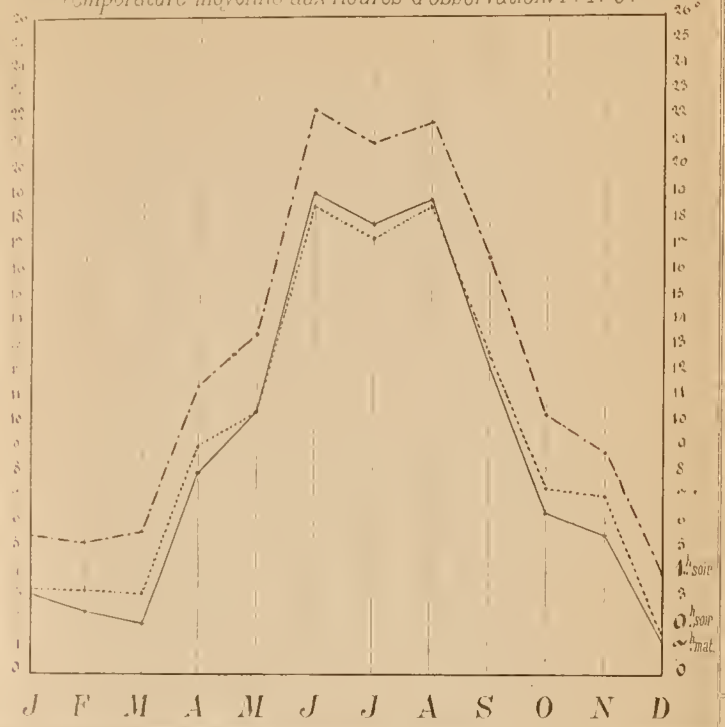
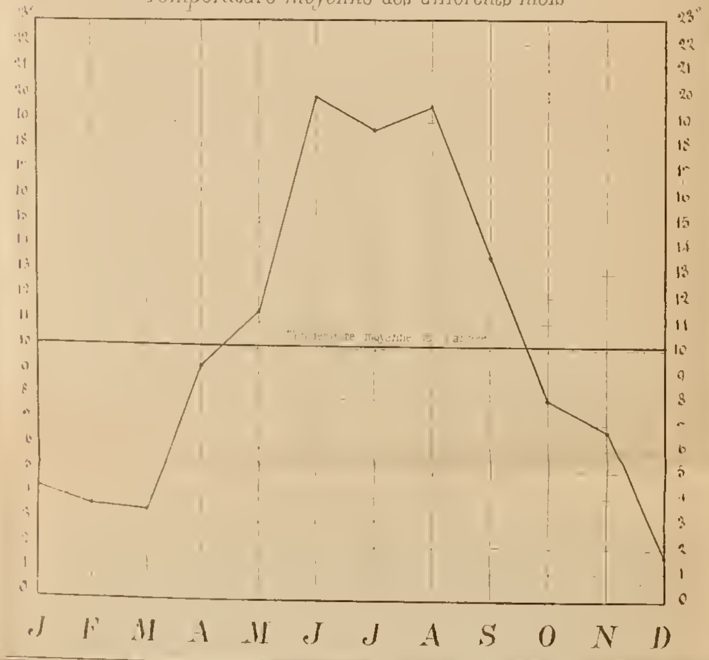

Nombre de jours de chute d'eau dans

Tableau 2[illegible]. **Résumé graphique des observations météorologiques faites à l'Asile des Aveugles de Lausanne pendant l'année civile 1877.** Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. Vol. XV. Pl. XVIII

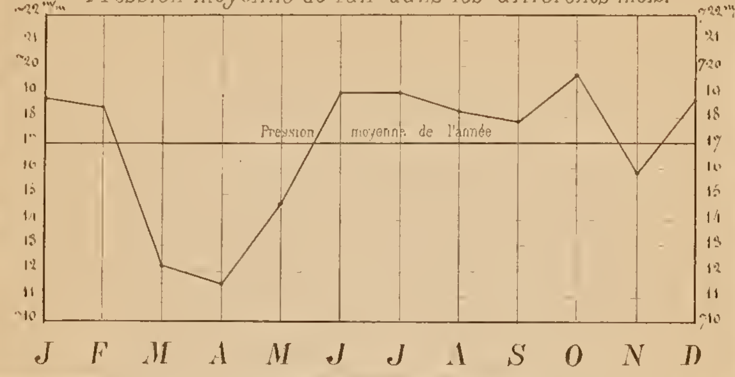
Température moyenne aux heures d'observation: 7h 1h 9h



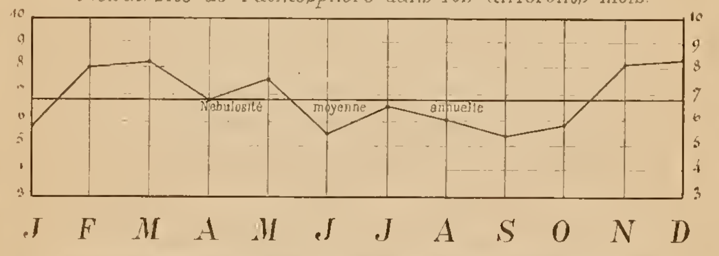
Température moyenne des différents mois



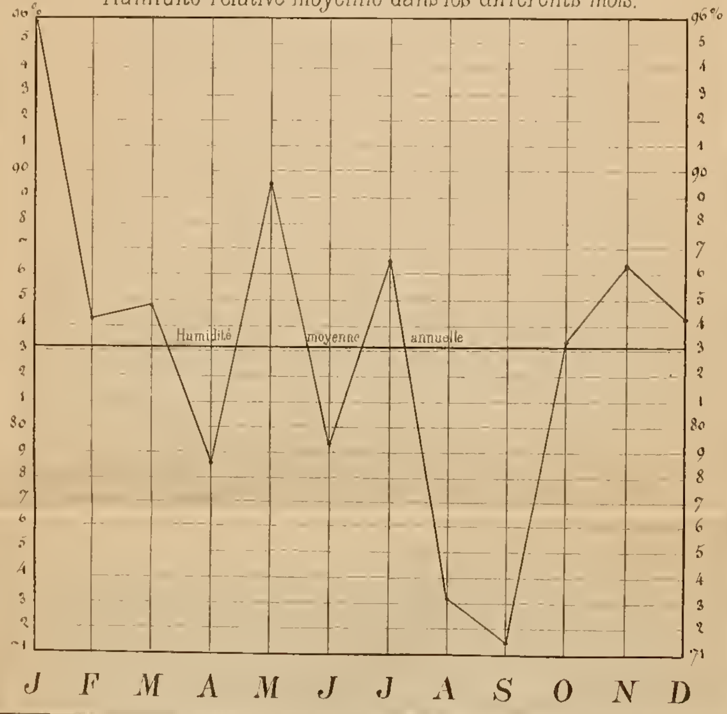
Pression moyenne de l'air dans les différents mois.



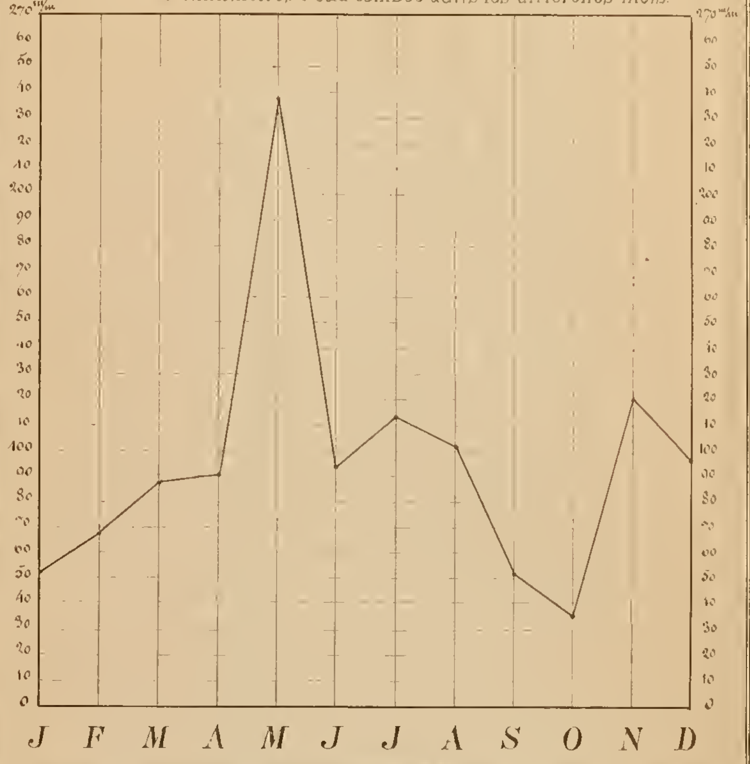
Nébulosité de l'atmosphère dans les différents mois.



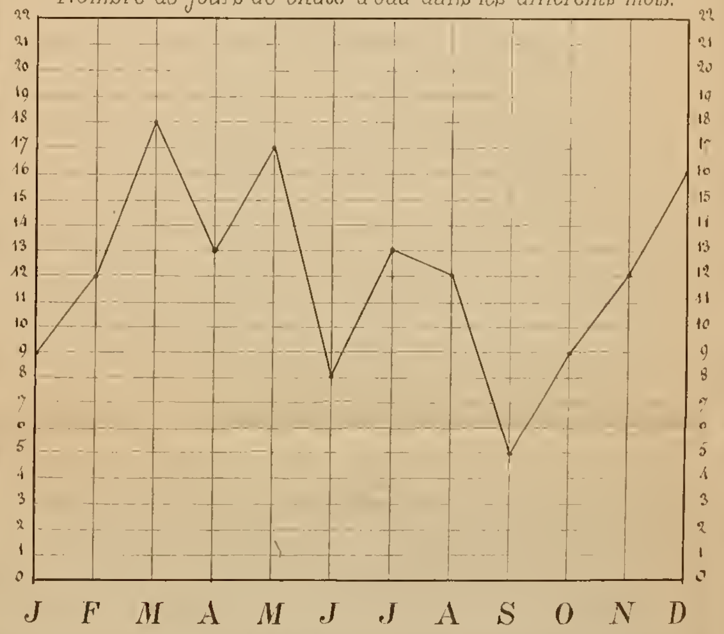
Humidité relative moyenne dans les différents mois.



Hauteur en millimètres d'eau tombée dans les différents mois.



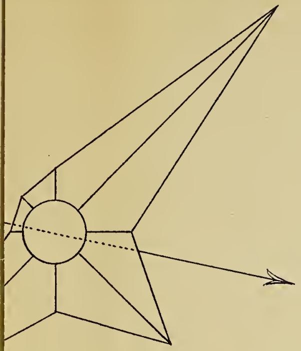
Nombre de jours de chute d'eau dans les différents mois.

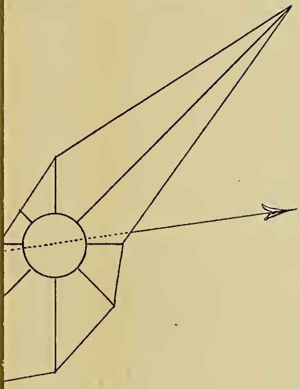


Lith. J. Chappuis Lau. 1878

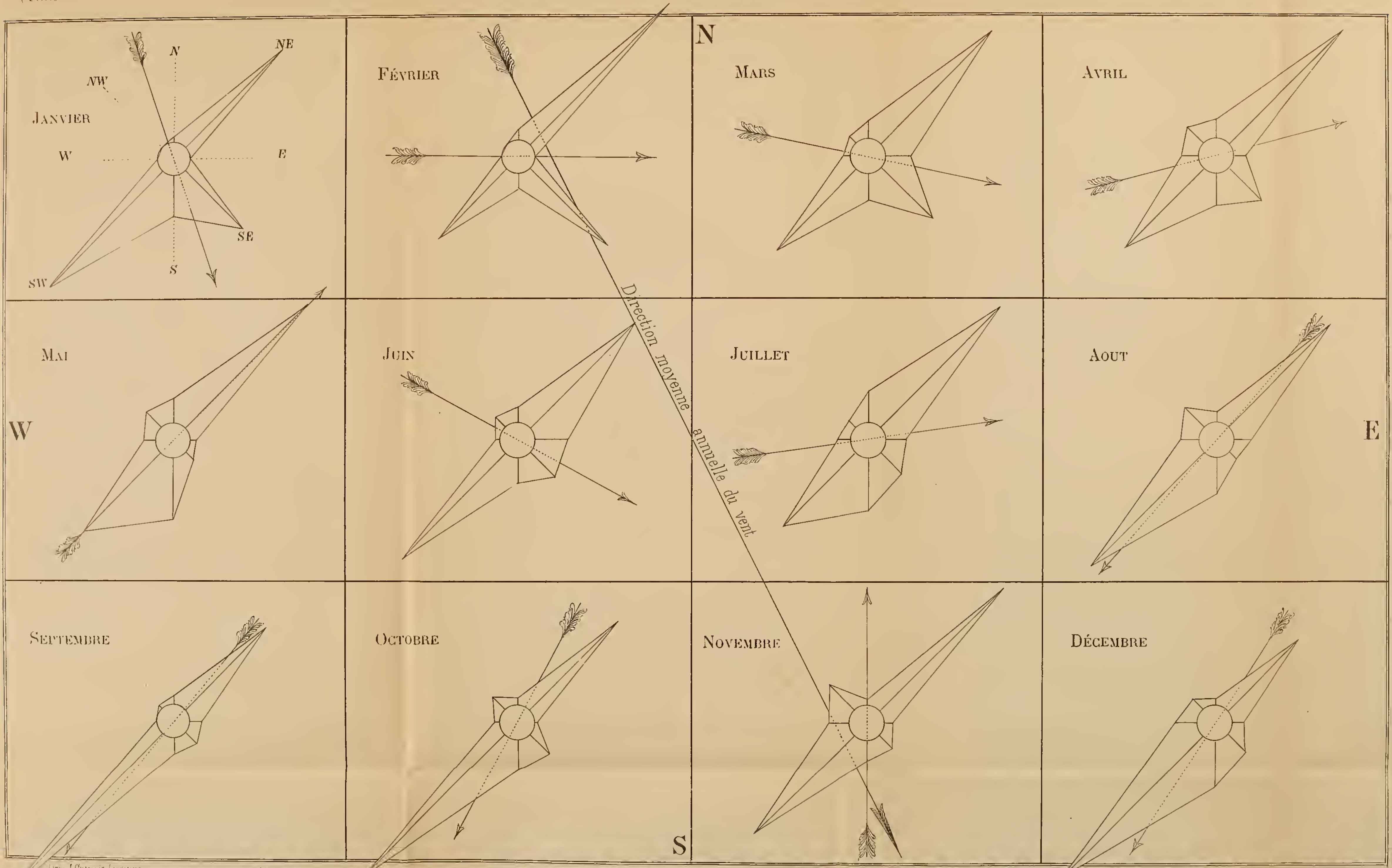
Dressé par Js MARGUET

is de l'année civile 1877.





Fréquence et direction moyennes du vent dans les différents mois de l'année civile 1877.



Lith. J. Chappuis, Lausanne

N.B.–La direction et le sens du vent se trouvent en joignant le centre de la rose des vents au point de la circonférence déterminé par l'angle indiqué. (Direction moyenne du vent.
Cet angle se compte toujours dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre vue du côté du cadran, ou du N au S en passant par l'Est. NESWN.

Dressé par J. MARGUET.

Le Musée géologique de Lausanne en 1877

PAR

E. RENEVIER, prof.

Messieurs,

La Société vaudoise des sciences naturelles portant, comme de juste, un vif intérêt à la marche de nos Musées cantonaux, je vous communiquerai, selon l'usage précédemment établi, quelques extraits de mon rapport annuel à la commission des Musées, en en supprimant les parties qui n'ont qu'un intérêt administratif.

Notre petit Musée géologique s'est passablement accru cette année, principalement par des échanges et par des dons.

A part deux petits achats de fossiles, pour profiter de bonnes occasions, je me suis borné cette année à des acquisitions de livres, cartes et photographies. J'estime qu'il vaut mieux employer nos modiques ressources à tirer bon parti de ce que nous avons et de ce que nous recevons, qu'à acquérir des spécimens, toujours coûteux, que je pourrai peut-être me procurer par des échanges. Il y a toutefois des occasions qu'il ne faut pas laisser échapper; c'est ainsi que l'année précédente j'avais pu acquérir sur les lieux et à très bon compte de beaux fossiles de la Verpillière; cette année de même j'ai eu la bonne chance, au bord du lac de Come, d'acheter des ouvriers de Perledo un assez bon spécimen de reptile fossile, pièce toujours assez rare.

Voici la liste de ces nouvelles acquisitions :

Fossiles :

Série du Jurassique de Châtel St-Denis.
Reptile et poissons du Trias de Perledo.

Livres :

Descript. géol. du Jura vaudois, par A. Jaccard.
Flora fossilis Helvetiæ, de Oswald Heer.
Monographie des Conifères fossiles, de Göppert.
Mémoires de la Société paléontologique suisse, vol. III.
Paléontologie française (les quelques livraisons parues).

Cartes et Photographie :

Carte géologique du Jura, de Jaccard (3 feuilles féd.).
Carte topographique des environs de Brienz, par Holder.
Grande photographie du Mont-Cervin.

Echanges. — Par mes relations scientifiques à l'étranger j'ai pu organiser cette année trois échanges qui ont enrichi notre Musée de beaucoup d'échantillons précieux et d'un certain nombre de grands moulages, qui font très bonne figure dans notre salle de Paléontologie.

Le *Museum d'histoire naturelle de Lyon* nous a envoyé *cinq caisses* contenant :

1° Une jolie série de *Poissons jurassiques,* du Bujey.

2° Quelques fac-similé de *Reptiles* et *Echinodermes,* du même gisement.

3° Une quarantaine de moulages de *Mammifères fossiles,* dont plusieurs de grande taille. — Têtes ou mâchoires de Rhinocéros, Mamouth, Mastodonte, Dinotherium, Ruminants, etc.

Le *Museo civico* de *Milan* nous a expédié une caisse renfermant une quarantaine de fac-similé, de *Vertébrés* et *Mollusques* fossiles du nord de l'Italie. J'avais déjà reçu précédemment quatre *photographies* représentant les beaux *squelettes restaurés* que possède ce Musée des oiseaux gigantesques de Nouvelle-Zélande, du Megatherium du Brésil, et de l'ours des cavernes du lac de Come.

De nouveaux envois me sont encore promis par les directeurs de ces deux Musées, M. le Dr Lortet et M. le professeur Cornalia[1], auxquels je suis heureux d'exprimer ici mes remerciements pour leurs généreux envois.

Enfin, tout récemment, je viens de recevoir du *Musée de Bristol* une caisse de fossiles d'Angleterre, cet envoi comprend environ 200 espèces, qui proviennent surtout des terrains primaires, dans lesquels nous sommes le moins bien pourvus; il nous sera par conséquent d'une grande utilité.

Dons. — Comme l'année précédente, de généreux donateurs ont enrichi nos collections. Je dois signaler en particulier M. A. Colomb-Grenier, de Villeneuve, qui nous a cédé sa collection tout entière, contenant, outre une jolie série du Wurtemberg, de nombreux fossiles de nos Alpes, dont plusieurs présentent un grand intérêt. Voici la liste de ces dons, groupés par catégories :

a) Livres, cartes, photographies, etc.

Ministère français des travaux publics. — Feuille de la carte géologique de France. — Cette feuille nous manquait, et grâce à son remplacement j'ai pu exposer en bloc la grande carte géologique de France qui couvre maintenant tout un panneau de la salle de géologie.

---

[1] Je viens de recevoir l'annonce de deux nouvelles caisses expédiées par le Musée de Milan.

Commission géologique fédérale. — Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, 14e livr.

Soc. vaud. sc. nat. — Bulletins parus dans l'année.

Id. — Deux photographies de blocs erratiques de Monthey.

MM. *Lefèvre*, à Bruxelles. — Photographie d'un squelette de Cétacé fossile de Belgique.

Herm. Goll. — Traité de minéralogie de Pisani.

E. Renevier. — Relief géologique des Alpes vaudoises.

Id. — Panorama de Madère.

Id. — Notices géologiques diverses.

b) Minéraux et roches :

MM. *Dériaz*, ing. — Minéral mou [2] nouveau du Cret Meilloret, sur Lutry.

Herm. Goll. — Divers minéraux.

T. Charlier. — Gros cristal de sel gemme de Walachie.

H. de Blonay, ing. — Echantillon de gypse du tunnel de Bläsy (France).

Edm. Béraneck, stud. — Quelques roches erratiques rares des environs de Lausanne.

E. Renevier. — Roches de l'Esterel (Var), recueillies dans les excursions de la Société géologique de France.

c) Fossiles :

MM. *Aug. Colomb-Grenier.* — Sa collection, contenant :

Environ 200 fossiles des Alpes vaudoises et fribourgeoises.

Une centaine du Wurtemberg.

Une centaine du Jura, etc.

---

[2] Voir Bull. Soc. vaud. sc. nat. XV, p. 200.

MM. *F.-A. Forel*, prof. — Série de fossiles tertiaires des environs de Montpellier.

H. de Blonay, ing. — Série de fossiles d'Alsace et quelques spécimens de Châtel.

Chastellain, prof. — Une 30ne de fossiles des environs d'Ulm (Wurt.).

L. Reymond, député. — Quelques ossements trouvés dans une grotte du Risoux.

Dr *Rouge*. — Quelques plantes fossiles de Wyssburg.

L. Mari, de Lugano. — Feuille fossile de Pontegana (Tessin).

Jaquemin, stud. sc. — Nodule contenant un squelette de poisson, du Grœnland.

Etudiants de la Faculté des sciences. — Choix des fossiles recueillis dans une course à Perte du Rhône.

E. Renevier, prof. — Fossiles recueillis aux environs de Nice dans les excursions de la Soc. géol. de France.

Id. — 3 *Cerit. giganteum* de l'Eocène parisien.

Id. — Environ 300 fossiles nummulitiques des Alpes schwytzoises, bernoises, françaises, des Pyrénées et d'Istrie.

Id. — Quelques fossiles nummulitiques des Martinets (Alpes vaudoises).

Malheureusement ceux qui s'occupent de l'arrangement de nos collections, ne peuvent y consacrer que peu de temps, à commencer par moi-même, de sorte que le travail d'arrangement et de classement avance beaucoup trop lentement au gré de mes désirs. Je dois néanmoins de sincères remerciements à MM. Dr de la Harpe et H. Goll, conservateurs adjoints, pour l'aide désintéressée qu'ils veulent bien nous apporter.

Malgré toutes ces lenteurs, j'espère, s'il ne survient aucun empêchement imprévu, pouvoir, dans le courant de l'année mettre notre petit Musée géologique en état d'être ouvert régulièrement au public.

C'est alors que chacun de vous, Messieurs, pourra juger des richesses qu'il renferme, et de combien d'utilité il sera pour notre enseignement supérieur.

L'évaluation qui en a été faite dernièrement, en vue de l'assurance, s'est montée au chiffre d'environ 100,000 fr.

Lausanne, le 20 février 1878.

Le conservateur,
E. Renevier, prof.

RECHERCHES
SUR LE
TÉLÉPHONE DE BELL

PAR

M. Henri DUFOUR

Les principes sur lesquels repose la construction du téléphone de Bell, sont les conséquences directes des phénomènes de l'induction et de l'électro-magnétisme; et l'on peut prévoir théoriquement tout ce qui se passe dans cet instrument. Lorsqu'on l'emploie on est frappé d'un côté de la petitesse des mouvements vibratoires nécessaires pour produire des modifications magnétiques de l'aimant et l'induction qui en résulte; et de l'autre de l'intensité relativement grande des sons produits.

Il m'a semblé intéressant de vérifier sur quelques instruments les principaux phénomènes que la théorie fait prévoir, et de chercher quelques-unes des causes qui peuvent les modifier.

Les instruments employés ont été construits par M. J. Cauderay, à Lausanne. La longueur de l'aimant était de 127^{mm} en moyenne, l'épaisseur de la lame vibrante de 0^{mm}159 à 0^{mm}175. La bobine contenait 46 mètres de fil de 0^{mm}3 d'épaisseur.

Intensité des courants. — L'intensité maximum que l'on puisse observer, s'obtient en pressant sur la lame vibrante de manière à l'amener en contact avec le fer doux qui termine l'aimant; le déplacement qu'elle éprouve ainsi était de 1^{mm} environ et produisait une déviation de 7-8° sur le galvanomètre que j'ai employé; on observe une déviation égale et de ligne contraire, lorsque la lame reprend sa position primitive.

Le mouvement de la lame vers l'aimant produisait dans les trois instruments que j'ai essayés un induit inverse; le pôle de l'aimant étant en effet derrière la bobine qui était traversée par le cylindre de fer doux.

Pour savoir si les deux courants, direct et inverse, ont une différence d'intensité appréciable, on a mis les fils du téléphone en communication avec deux électrodes de charbon plongées dans de l'eau, et pouvant être reliées au galvanomètre au moyen d'un commutateur. Un grand nombre de vibrations de la lame ont été produites, de sorte qu'une série d'induits directs et inverses traversaient le liquide: les électrodes reliées au galvanomètre n'ont donné aucun courant de polarisation; on peut en conclure que la différence de l'intensité des deux courants est très faible; il n'y a donc, dans la construction du téléphone, pas à tenir compte de l'action que pourrait exercer à la longue cette différence sur l'aimantation du barreau.

Parmi les instruments employés, deux d'entre eux avaient des pôles de noms contraires, soumis à l'action de la bobine, et réunis ils fonctionnaient aussi bien que ceux qui sont symétriques.

Intensité du magnétisme. Les variations de l'intensité du magnétisme de l'aimant ont été constatées de la manière suivante. Le pôle boréal de l'aimant d'un magnétomètre de Weber était soumis à l'action simultanée du pôle austral (entouré de la bobine) d'un téléphone A et du pôle austral d'un aimant; ces deux instruments étaient placés de telle sorte que le barreau du magnétomètre fût en équilibre entre eux. Un second téléphone B était en communication avec A. Les mouvements du miroir du magnétomètre étaient observés par la méthode ordinaire de réflexion des divisions d'une règle dans le champ d'une lunette.

Une pression exercée sur la lame de B permettait de constater un faible déplacement de l'aimant, mais ce mouvement était trop petit pour être mesuré. Le sens du mouvement à toujours été celui que la théorie faisait prévoir.

Vibrations de la lame. Quelques essais ont été tentés pour constater les vibrations de la lame. La première méthode employée consistait à transmettre les vibrations de la lame à une flamme de gaz. Pour cela le pavillon évasé du téléphone a été remplacé par un pavillon cylindrique de petite capacité. Un bouchon percé de deux trous traversés par deux tubes de verre coudés, limitait dans ce cylindre une sorte de petite chambre comprise entre la face antérieure de la lame vibrante et la face postérieure du bouchon. Le gaz d'éclairage entrait par le premier tube et sortait en formant une petite flamme à l'extrémité du second tube effilé. Cet ensemble constituait donc quelque chose d'analogue aux capsules manométriques que M. König place sur les tuyaux.

Toute vibration de la lame se traduit par un mouvement de la flamme, en employant comme courants induits ceux produits par une petite bobine de Dubois-Reymond, même lorsque la bobine extérieure est à 2 centimètres de l'extrémité de la bobine inductrice. Les courants produits par la voix dans un second téléphone ne causent aucune variation dans la hauteur de la flamme.

Le résultat a été également négatif en employant un petit miroir porté sur un levier coudé dont l'extrémité appuyait sur la lame vibrante. Un rayon lumineux réfléchi par ce miroir n'a pas paru se déplacer sous l'influence des vibrations produites par la voix.

Enfin, j'ai essayé de produire des anneaux colorés entre la lame vibrante et une lentille placée au-dessus d'elle. Pour cela un verre très mince (deckgläschen) était placé sur la lame vibrante en contact avec la face inférieure légèrement convexe d'une lentille. Les sons étaient transmis par l'instrument quoique affaiblis. Les anneaux colorés étaient observés au moyen d'une lunette munie d'un réticule.

Le déplacement d'un anneau clair à l'obscur suivant est produit par une variation dans l'épaisseur de la couche d'air égale à un quart de longueur d'onde, c'est-à-dire que l'on doit constater une variation dans la position d'un anneau jaune pour un déplacement de la lame de $0^{mm}000143$ environ.

Ce déplacement se manifeste par une diminution dans la netteté des anneaux qui oscillent autour de leur position normale. On observe très nettement ces déplacements des anneaux en employant les induits de la bobine de Dubois-Reymond, mais ils n'ont pu être constatés pour les courants produits par la voix.

Ayant entendu dire que deux téléphones placés dans des locaux dont les températures sont très différentes fonctionnent mal, j'ai voulu contrôler le fait par l'expérience directe. L'un des instruments a été laissé pendant plusieurs heures exposé à une température de —18°, tandis que l'autre passait le même temps dans une enceinte chauffée à 40°. Les deux instruments mis en communication ont parfaitement transmis la parole.

Dès que le téléphone eut été employé sur les lignes télégraphiques, on remarqua l'action qu'exercent sur l'instrument les courants employés pour faire marcher les appareils Morses et passant dans des fils voisins de celui qui relie les deux téléphones.

Cette action peut être attribuée à un phénomène d'induction, à une dérivation, ou peut-être aux deux causes réunies. J'ai cherché directement à quelle distance un courant intermittent peut produire un induit appréciable avec le téléphone.

Deux fils de cuivre parfaitement isolés ont été tendus parallèlement sur une longueur de $15^{m}2$ et à des distances qui ont varié entre 15, 35 et 45 centimètres.

L'un des fils reliait la pile et le manipulateur avec le récepteur d'un appareil Morse, la ligne de terre était formée par les tuyaux de la conduite de gaz. Les deux extrémités de l'autre fil communiquaient directement avec le téléphone. Le courant employé produisait une déviation de 60° sur une boussole de télégraphe.

Dans ces conditions tous les mouvements du manipulateur ont été nettement perçus, et je suis persuadé qu'un télégraphiste aurait compris les signes produits par le manipulateur, même lorsque la distance des deux fils était de 45 centimètres.

On peut donc en conclure que sur les lignes télégraphiques on peut attribuer, en partie du moins, aux courants induits le bruit qu'on entend dans le téléphone lorsqu'une dépêche traverse un fil voisin.

Cette expérience peut avoir un certain intérêt dans un cours pour montrer jusqu'à quelle distance un courant d'induction peut se produire ; sous ce rapport le téléphone est beaucoup plus sensible que le galvanomètre.

20 février 1878.

* * *

NOTE

sur l'emploi du

PERMANGANATE et du BICHROMATE DE POTASSE

pour préparer et conserver des animaux marins délicats,

PAR

M. DU PLESSIS, professeur.

Il ne faut pas compter sur les pharmacies ou drogueries du midi de la France et du littoral italien, quand il s'agit d'obtenir les réactifs nécessaires aux recherches que poursuivent d'ordinaire les naturalistes de passage sur ces bords. Quand vous allez chez ces honorables industriels, pharmaciens ou droguistes, et que vous demandez un de ces produits indispensables, on vous regarde d'un œil étonné, on vous demande si vous êtes médecin, ou ce que vous voulez faire de cela ? Si vous entrez à cet égard dans des explications, on vous regarde d'un air ahuri. C'est beaucoup si on ne demande pas vos papiers et si on ne nantit pas les gendarmes de vos intentions suspectes. Il faut donc tout emporter avec soi. Mais des réactifs, s'ils sont liquides, prennent de la place et risquent de tacher les objets contenus dans la valise si les flacons viennent à s'ouvrir. En outre la provision est vite épuisée. On sera donc bien aise de pouvoir emporter des substances à l'état de cristaux. Ceux-ci sous un petit volume représentent abondamment de quoi fabriquer des solutions pour préparer et conserver les objets.

Les beaux cristaux orangés du bichrômate de potasse fournissent un réactif fort commode soit pour des recherches histologiques, soit pour la conservation d'animaux délicats. Avec quelques grammes de ce sel qu'on emporte dans la première boîte venue, on a de quoi satisfaire à tous les besoins. Ce sel se dissout bien dans l'eau de mer et dans l'eau douce; on en fait une solution saturée, ce qui n'est pas difficile attendu que très peu de cristaux suffisent à saturer un volume considérable de liquide. Dans ces solutions-là on pourra conserver parfaitement bien tous les animaux inférieurs gélatineux tels que Polypes, Hydroméduses, Méduses, Salpes, Cténophores, etc., etc. Les Mollusques sans coquille s'y conservent également bien; de mêmes les Annélides et tous les vers à peau résistante. Les petits Crustacés et Bryozoaires donnent de même d'excellents résultats. Nous conservons depuis un an une splendide *Medusa aurita* préparée de cette façon. Sa beauté, sa transparence ne laissent rien à désirer. Toutefois nos solutions ont un inconvénient, c'est qu'il s'y développe facilement des moisissures. On ajoutera donc quelques gouttes d'acide phénique ou d'alcool phéniqué pour empêcher cet effet de se produire. Comme réactif histologique le bichrômate de potasse rend les mêmes services que l'acide chromique, mais il agit plus délicatement. C'est un excellent agent pour durcir les tissus, faire ressortir les limites des cellules, démontrer leurs noyaux, coaguler leur sarcode. C'est aussi un agent de macération très précieux. Il dissout dans bien des cas le ciment intercellulaire et sépare les éléments les uns des autres.

C'est pour cette raison qu'on ne peut y conserver que des animaux à peau résistante, car si ce n'est pas le cas tous les tissus tombent en pièces. Le bichrômate de potasse respecte néanmoins les parties les plus délicates. Les cils vibratiles des éléments et ceux des infusoires s'y maintiennent parfaitement bien.

Un autre sel fort commode à emporter, c'est le permanganate de potasse. Il suffit de quelques cristaux pour subvenir à tous les besoins. Avec quelques grammes on en a pour longtemps.

Son utilité est surtout grande dans les recherches histologiques. Il agit sur les éléments des tissus, à la façon de l'acide osmique, c'est-à-dire qu'il brunit le *protoplasma,* fait ressortir les moindres détails, rend le noyau et les limites des cellules apparentes. En un mot il rend tous les meilleurs services. On l'emploie en solution saturée dans de l'eau distillée ou dans de l'eau de source *très pure.* Il se dissout très bien aussi dans de l'eau de mer. La solution concentrée, d'un très beau violet, tue sur-le-champ les petits organismes et les brunit de suite. On les laissera de demi à une heure selon les cas. Après quoi, si on veut les conserver, il les faut retirer de là et les placer dans l'alcool. On peut ensuite en faire des préparations que l'on éclaircit avec de l'essence de térébenthine et qu'on monte au *baume de Canada.* De cette façon on obtient les plus beaux résultats avec des Echinodermes, Zoophytes, Vers et Arthropodes marins. Pour des recherches délicates et particulièrement pour étudier les infusoires ciliés, ce réactif vaut bien l'acide osmique, sans avoir sa grande cherté et on peut l'obtenir partout à un état de pureté très suffisant.

* * *

STRUCTURE GÉOLOGIQUE

DU

MASSIF DU SIMPLON

A PROPOS DU TUNNEL PROJETÉ

PAR

E. RENEVIER
prof. de sciences géologiques à l'académie de Lausanne.

(Pl. 20 et 21.)

Pendant l'été 1877, je fus chargé par la compagnie du chemin de fer du Simplon de faire, avec deux collègues, M. Ch. Lory, prof. à la Faculté des sciences de Grenoble, et M. A. Heim, prof. au polytechnicum de Zurich, une exploration géologique préliminaire du massif que doit traverser le tunnel projeté.

Nous n'avons pu consacrer que peu de temps à ce travail qui, vu les circonstances, devait être nécessairement fort sommaire, et dirigé vers un but spécial. Il m'a paru néanmoins que cette étude présentait des résultats scientifiques assez intéressants pour donner lieu à une courte notice, dans laquelle je m'abstiendrai avec soin d'empiéter sur la question technique.

Le temps dont nous pouvions disposer ne nous permettait pas de faire l'ascension des sommités, et le but spécial que nous avions en vue nous prescrivait au contraire d'explorer surtout les points les plus profonds, comme étant les plus rapprochés du niveau du tunnel. C'est pourquoi nous avons étudié principalement les vallées transversales à la chaîne, spécialement dans deux directions :

1° A l'ouest du tunnel projeté, gorges de la Saltine, vallée du Kaltwasser-Bach, passage du Simplon, vallées du Krummbach et de la Diveria (Pl. 20).

2° A l'est du tunnel, par Termen, Rosswald, Bérisal, passage de la Forchetta, Alpe Diveglia et vallée de la Cherasca (Pl. 21).

C'est entre ces deux lignes que se trouve le beau massif du Monte-Leone, qui domine toute la contrée, avec sa guirlande de grands et petits glaciers.

J'ai examiné ensuite le Val di Vedro jusqu'à Crevola, et acquis ainsi une vue d'ensemble sur la contrée.

Je passerai en revue les divers terrains qui composent ce massif, en partant du Val di Vedro et me dirigeant contre Brieg. En traversant ainsi la chaîne du S. E. au N. O. nous parcourrons la série des terrains, à peu près dans leur ordre de formation, des plus anciens aux plus récents.

I. Gneiss d'Antigorio.

Le regretté Gerlach avait appliqué ce nom[1] à un gneiss granitoïde, plus ou moins massif, qui occupe le fond et les flancs des vallées au sud et au sud-est du Simplon.

Dans le Val di Vedro il se rencontre sur les deux rives de la Diveria, où il forme toutes ces abruptes parois des environs de Varzo, Iselle, Gondo, et se prolonge en pointe à l'ouest, jusque non loin du Refuge, soit Caserna n° 8 (1157^{m}), sur la route du Simplon. Il occupe également presque toute la vallée de la Cherasca, où il remonte jusque vers Campo (1337^{m}) au-delà de l'Alpe di Nembro. Il s'étend davantage encore dans les vallées d'Antigorio, Devero, Formazza, plus à l'est.

---

[1] *Gerlach.* — Die Penninischen Alpen, p. 104 (Mém. Soc. Helv. Sc. nat. XXII, 1869). — *Studer.* — Index petrogr. d. Schweiz, p. 11, 1872.

C'est une roche très compacte et résistante, mais passablement fissurée. Sa schistosité est peu régulière, certains bancs étant passablement schistoïdes, tandis que la plupart présentent un aspect plus massif. En y regardant de près toutefois on peut toujours y reconnaître les plans de schistosité, dans la direction desquels la roche se fend plus ou moins facilement en plaques. On l'exploite aux environs de Gondo et d'Iselle pour boute-roues, parapets, etc. Le prof. Scheerer [2], de Freiberg, en a fait l'analyse chimique, et a reconnu son identité absolue avec le gneiss gris *(unterer Plutonit)* de l'Erzgebirge.

Dans les vallées de la Diveria (V. di Vedro) et de la Cherasca, ce gneiss est très nettement disposé en voûte. Aux environs de Gondo (950 m) sa schistosité est sensiblement horizontale. Vers Iselle (663 m) il plonge déjà légèrement au sud-est. Au Refuge nº 9 (1071 m) au contraire il plonge de 20° au sud-ouest et ce plongement s'augmente en continuant à monter la route du Simplon jusqu'à atteindre 25° environ à l'extrémité de l'affleurement un peu avant le Refuge nº 8 (caserne 1157 m). Sur le bord septentrional de l'affleurement Gerlach indique 25° au nord, dans le haut de la vallée de la Cherasca il m'a paru aller jusqu'à 30° ou même 35° au nord ou au nord-ouest. Enfin sur le bord méridional, le plongement est au sud ou sud-est, et peut aller, suivant Gerlach, jusqu'à 75°. Il y a donc plongement centrifuge sur les bords du massif, presque dans toutes les directions, et le point culminant de l'anticlinale serait aux environs de Gondo et d'Iselle.

Nulle part je n'ai pu observer le substratum de ce gneiss d'Antigorio, que j'ai vu au contraire constamment dominé par les autres schistes cristallins. Son épaisseur doit être énorme, pour le moins 1500 m; puisque de chaque côté d'Iselle (663 m), où il est presque horizontal, il s'élève jusqu'à des hauteurs de 2200 m à 2300 m. (Punta di Teggialo et Pizzo di Giezza.)

---

[2] *Scheerer.* — Chemische Constitution der Plutonite, 1866.

Les *Mines d'or* de Gondo, ou mieux de la vallée de Zwischbergen (Val Varza), à une lieue au sud de Gondo, appartiennent, d'après Gerlach[3], à ce terrain. Ce sont 5 filons de cuivre pyriteux et pyrite aurifères, qui ont été attaqués par sept ou huit galeries. Ces exploitations sont déjà anciennes, mais n'ont jamais été poussées avec une grande vigueur. Le plus riche minerai a été trouvé dans la galerie *Confiance,* et contenait 110 grammes d'or pour 100 kilos de minerai.

II. Schistes cristallins.

Une masse considérable de roches cristallines, beaucoup plus schisteuses et très variées de composition minéralogique, surmonte le gneiss d'Antigorio et forme tout le massif central du Monte-Leone et du Simplon, jusqu'à la vallée de la Ganther (Saltine supérieure). Ce sont des roches passablement plus tendres, et donnant lieu par conséquent à des sommets très découpés et accidentés. Leur plongement général est au nord-est, mais la déclivité est assez variable; je reviendrai plus loin sur ces variations de plongement.

Voici ces roches dans leur ordre de fréquence :

a) Le *micaschiste* est une des roches les plus abondantes dans le massif du Simplon, spécialement dans la partie qui recouvre immédiatement le gneiss d'Antigorio, et sur le versant nord-ouest de la chaîne du Wasenhorn. Il présente de très nombreuses variétés, résultant soit des couleurs du mica, soit du mélange d'autres éléments minéralogiques.

---

[3] *Gerlach.* — Penninischen Alpen, p. 105. — Bergwerke des Kanton's Wallis, p. 98, 1873.

Une des plus fréquentes est le *micaschiste granatifère*, qui joue un rôle important sous le Wasenhorn et le Mäderhorn (2300^{m}) et jusqu'au dessus de Vogelsang, avec un plongement de 40° à 48° au nord-ouest. On retrouve cette même variété sur la route du Simplon, au contour en dessous du Refuge n° 4 (1751^{m}), où il plonge au contraire de 50° au sud-est. Les grenats sont d'un brun-rougeâtre, de la taille d'une grosse grenaille jusqu'à celle de gros pois, et présentent parfois une cristallisation assez nette. J'en ai retrouvé aussi près de l'Hospice du Simplon et sur d'autres points encore.

D'autres variétés de micaschistes sont plus ou moins fortement *calcarifères;* ainsi au refuge n° 6, près du sommet du passage, et à la caserne n° 8 sous Algaby. D'autres sont *talqueux, chlorités,* etc.

De curieuses variétés sont les micaschistes à *mica bronzé* et à *mica doré* qui accompagnent le cipolin vers la caserne n° 8 (1157^{m}).

b) Le *gneiss* schisteux est presque aussi abondant que le micaschiste, et alterne souvent avec lui sans grande régularité, il est même souvent difficile de reconnaître si l'on a à faire à l'une ou l'autre de ces roches, tellement leurs passages sont insensibles. Les lieux où le gneiss paraît prédominant sont : dans le centre du massif les environs de Bernetsch et Alpmatten sur la route du Simplon, où il plonge de 25° à 40° à l'ouest, sud-ouest ou nord-ouest; les environs de Bérisal dans la vallée de la Ganther, où il a un plongement normal au nord-ouest de 50° à 60°; enfin sur la rive droite du Rhône, vis-à-vis de Brieg, à Naters, etc., où il plonge au sud-est d'environ 70°.

Ce gneiss présente aussi d'assez nombreuses variétés, dont je citerai les plus remarquables. Au-dessus de Bérisal, non loin de Wintermatten (2010^{m}), nous avons constaté, M. Heim et moi, un *gneiss noirâtre* qui plonge de 50° au sud-est. Sur plusieurs points, aux environs de Bernetsch, Engeloch, etc., se trouve du *gneiss glandulaire (Augengneiss)*. Les variétés à *gros grains* ne sont pas rares. D'autres à *petits grains* deviennent parfois presque homogènes.

c) Les *schistes amphiboliques* jouent un rôle moins important, mais existent fréquemment intercalés, en paquets plus ou moins épais, dans les micaschistes et les gneiss; ainsi près de la limite de l'Antigorio, sous la caserne nº 8; à la galerie en dessous d'Algaby; à la montée de la Forchetta, sur l'Alpe Diveglia (Pl. 21); puis au revers nord du Simplon à Vogelsang, au-dessus de Mäderalp et au-dessus de Bärenfallen sous le Wasenhorn (Pl. 20). La couleur verte de ces schistes les fait aisément reconnaître; il en existe des variétés plus ou moins foncées, mais rarement jusqu'au noir. Parfois ils contiennent un peu de *mica* ou un peu de *chlorite,* mais je n'ai trouvé que peu d'exemples de *schiste chlorité* proprement dit. J'en ai vu toutefois en dessous de l'Hospice, au sud.

En revanche nous avons vainement cherché, M. Heim et moi, le lambeau de serpentine que Gerlach indique par une tache verte tout à côté de l'Hospice du Simplon (2003^{m}). Nous n'avons pu trouver dans tout cet espace que des schistes cristallins essentiellement micacés.

d) Les *calcaires cristallins* sont encore moins abondants, mais vu leur importance théorique et pratique je m'y arrêterai un peu plus. Ils forment au milieu des roches précédentes *trois intercalations* plus ou moins régulières, que j'ai marquées sur mes deux profils, et dont je vais décrire les affleurements.

La *1re bande calcaire* limite à peu près le gneiss d'Antigorio, dont elle n'est séparée que par une faible épaisseur de schistes cristallins. On la voit sur la route du Simplon au Refuge nº 8 (Pl. 20); droit derrière le bâtiment en ruine, dit Caserna, se trouve une anfractuosité dans la paroi de roc, résultant d'exploitations momentanées du calcaire. Les bancs inférieurs sont fortement chargés de mica et forment un vrai *cipolin*, d'autres sont du pur *calcaire saccharoïde*, d'autres enfin sont grisâtres, plus ou moins foncés, mais toujours cristallins. En dessous on voit des micaschistes entremêlés de schistes amphiboliques, au milieu desquels se détache le sentier qui monte à Alpien; puis un peu plus bas sur la route commence le gneiss d'Antigorio.

De la caserne la bande calcaire s'élève en écharpe dans la direction d'Alpien, Alpienrung, Camoscella, pour venir former l'arête (2384 m) dite Dosso del Teggio, en avant de Balmette (Pl. 21). D'après la carte de Gerlach[4] cette crête proéminante est entièrement composée de calcaire, et forme comme un promontoire au milieu de l'Antigorio du Val Cherasca. De là l'affleurement calcaire revient en arrière au nord-ouest, puis au nord, pour circonscrire le beau cirque de l'Alpe di Nembro.

C'est là, au-dessus de Campo (1337 m), que nous l'avons observé de nouveau, sur le sentier qui mène à l'Alpe Diveglia (Pl. 21). Les couches plongent uniformément de 35° à 40° au nord-ouest, contre Diveglia, et leurs affleurements forment le cirque rocheux qui termine la petite plaine de Nembro. A peu de distance du sentier le cirque est échancré par le cours bouillonnant de la Cherasca. La base des rocs est formée de gneiss d'Antigorio, à peu près au niveau de la plaine. Au-dessus viennent une 60ne de mètres de micaschiste calcarifère, présentant par-ci par-là des grenats plus ou moins nets. Vers le haut quelques bancs de gneiss schisteux sont intercalés au micaschiste. Puis vient une 30ne de mètres de calcaire saccharoïde, en général beau blanc, mais dont la stratification est rendue très apparente par des bandes micacées plus ou moins foncées, qui constituent de vraies interstratifications de cipolin, ou même de micaschiste calcarifère. Le tout est surmonté de micaschistes qui forment tout le reste de l'escarpement. Le bas de cette coupe a été observé par M. Heim, tandis que nous mesurions l'épaisseur du banc calcaire, et explorions surtout la partie supérieure.

---

[4] *Gerlach* — Carte géologique des Alpes Pennines au $^1/_{200\,000}$ (Mém. Soc. Helv. Sc. nat. XXII, 1869).

Depuis le point que je viens de décrire on voyait clairement la continuation de la bande calcaire, s'élevant dans la direction de Ciamporino et Monte-Cistella. D'après la carte de Gerlach elle doit contourner cette montagne pour se prolonger au loin dans le Val d'Antigorio.

Revenant à notre point de départ, la caserne nº 8, nous poursuivrons la prolongation au sud de la même bande calcaire jusqu'à Crevola. D'après la carte de Gerlach, elle doit s'élever dans la paroi du Seehorn au-dessus de Figenen, traverser la vallée de Zwischbergen, longer à mi-côte sur le flanc nord du Pizzo Pioltone et du Pizzo di Giezza (Pl. 20 et 21) pour venir contourner à l'est de Pizzo d'Albione et redescendre jusqu'à la Diveria, après un contour à l'ouest sous le Monte-Ossolano. Du fond de la rivière l'affleurement remonte sur rive gauche contre Enso, hameau de Crevola di Sopra, pour venir traverser le Val d'Antigorio sous Monte-Crestese et en longer le flanc gauche, dans la direction du nord par Monte Larone, etc.

Les fameuses carrières de *marbre blanc* de Crevola, encore activement exploitées, appartiennent donc au même banc calcaire que les gisements de la Caserne et de Campo, seulement la masse calcaire paraît ici beaucoup plus épaisse et son plongement est inverse et beaucoup plus fort. En mesurant la déclivité des bancs exploités sur les bords de la route du Simplon, j'ai trouvé 65° à 70° au sud-est. Comme dans les autres gisements tout n'est pas calcaire saccharoïde, mais il y a également des bancs de cipolin et de calcaire cristallin impur plus ou moins foncé. En dessous des bancs calcaires se trouve également du gneiss avec quelques intercalations de micaschiste, tandis qu'au-dessus, c'est-à-dire au sud, il y a des micaschistes très feuilletés, dont le plongement va jusqu'à 75° et 80° au sud-est. Ce sont ces mêmes micaschistes qui s'exploitent pour dalles, dans toute la vallée, au-dessus et au-dessous de Domodossola.

La 2e *bande calcaire* se trouve dans les parties hautes du massif du Simplon, vers le milieu de la grande étendue de schistes cristallins. Elle est beaucoup moins apparente et beaucoup moins connue que la précédente. Gerlach l'ignore presque entièrement, sauf dans sa prolongation au nord-est de l'Alpe Diveglia. Ce qui peut expliquer la chose, c'est que les intercalations saccharoïdes y sont beaucoup moins fréquentes, et que sur la route du Simplon on ne voit guère que du calcaire foncé, fortement micacé, mais qui doit avoir certainement une assez grande épaisseur.

Au point culminant du passage du Simplon (2010 m) nous avons observé toutefois quelques bancs de calcaire saccharoïde, qui paraissent exploités temporairement par les gens du pays. On les voit au bord de la route un peu avant la croix, sur versant nord; le calcaire forme cette colline surmontée d'un petit chalet, qui marque précisément le sommet du col. Il paraît se diriger de là à l'ouest dans la direction du Bistenen-pass, mais je manque de renseignements à ce sujet, n'ayant pas pu y aller, et la carte de Gerlach n'en faisant nulle mention.

A l'est, au contraire, nous avons suivi la bande calcaire le long de la route du Simplon, par le Refuge n° 6, jusqu'à la galerie médiane. Vers la galerie supérieure le plongement est de 35° au nord-ouest. De la galerie médiane l'affleurement s'élève en écharpe, pour aller disparaître sous le glacier de Kaltwasser aux environs de la cote 2533m. Il est probable qu'on en trouvera quelques traces au petit col où viennent se rejoindre les deux glaciers de Kaltwasser et de Terrarossa, sur la frontière d'Italie.

Au-dessus de l'Alpe Diveglia nous avons observé un bel affleurement de cette même bande à la montée du passage de la Forchetta (Pl. 21), ou plutôt un peu plus à l'est, car le passage qu'on nous a fait prendre, en nous le désignant sous le nom de Forchetta, est situé à mi-distance entre le Furgenbaumhorn et le Bortelhorn, tandis que sur les minutes fédérales au $^1/_{50000}$ le passage est marqué plus à l'ouest, au pied de la première de ces sommités. Dans le bas de la côte on voit affleurer un gneiss gris finement grenu, qui plonge de 15° à 20° au nord-ouest. Puis, après une montée au travers d'éboulis, on arrive à un beau banc de calcaire saccharoïde, interstratifié de couches plus foncées de cipolin ou de micaschiste, mesurant en tout 13 mètres d'épaisseur et plongeant de 25° au nord-ouest. Par-dessus vient une 30^{ne} de mètres de micaschiste granatifère, puis de nouveau un banc de calcaire d'environ 20^m d'épaisseur, recouvert à son tour par des schistes micacés et amphiboliques mesurant environ 40^m, suivis de gneiss gris compacte, jusque vers le haut du passage, où le plongement est de 5° à 10° au nord-ouest.

C'est sans doute ce gisement que Gerlach a eu en vue, en marquant deux petites taches brunes aux environs de Diveglia, mais il ne paraît pas en avoir connu la situation réelle, car ces taches sont placées beaucoup trop au sud, hors de l'alignement de l'affleurement en question.

Plus à l'est, en revanche, la carte Gerlach marque la bande calcaire dans sa direction naturelle, du col de Valtendra jusque près du lac de Buscagno, et plus loin, au nord-est de l'Alpe Devero, jusqu'au-delà du lac Codelago.

La 3^e *bande calcaire* fait entièrement défaut sur la carte de Gerlach, et nous-même ne l'avons observée que sur un seul point, savoir en dessous de Bérisal, quelques pas à l'est du Pont sur la Saltine (1409^m). Les variétés sont les mêmes que précédemment, calcaire cristallin gris et calcaire saccharoïde, mais ce dernier y paraît assez développé. Le plongement est de 50° au nord-ouest. Vu la proximité de la route, ce gisement a donné lieu à plusieurs exploitations, qui se distinguent fort bien de loin. Il est étrange qu'il ait échappé à l'œil exercé de Gerlach.

A l'ouest de ce point la 3^e^ bande est sans doute cachée sous le glaciaire, qui occupe tous les environs de Bérisal, Bränden, etc. (Pl. 21).

A l'est on la retrouvera peut-être dans le Steinenthal.

C'est l'étude minutieuse de ces bandes calcaires, et de leurs alignements, qui pourra le plus sûrement résoudre les difficultés orographiques que présente cette région des schistes cristallins.

Je me demande si, à part ces intercalations calcaires, il y a quelque constance et régularité dans la distribution des diverses variétés susmentionnées de schistes cristallins, et s'il deviendra possible par une étude plus prolongée d'y reconnaître un ordre de superposition quelque peu régulier. On aurait de la peine à le croire en voyant de quelle manière, en apparence si irrégulière, ces schistes sont enchevêtrés. Toutefois les Alpes vaudoises m'ont accoutumé à de telles surprises, que je suspends mon opinion jusqu'à plus complètes études.

III. Bande dolomitique de la Ganther.

Les schistes cristallins sont séparés des schistes lustrés par une étroite bande dolomitique, qui contient, sur plusieurs points, du gypse. Nous n'avons pu l'observer que sur une petite portion de son parcours, au versant nord de la vallée de la Ganther (Saltine supérieure).

Au bord de la route, à mi-distance entre Bérisal et Schallberg, vers l'embranchement du sentier qui monte à Eisten, nous avons constaté, à la limite des gneiss et des schistes lustrés, un calcaire carié jaunâtre, assez friable, et ressemblant quelque peu à nos cargneules des Alpes latérales.

Au-dessus de Eisten, le long du sentier de Stafel, cette bande dolomitique devient beaucoup plus apparente. C'est un calcaire dolomitique blanc, plus ou moins pulvérulent, qui atteint déjà une plus grande épaisseur, et sur lequel serpente le sentier. Un peu plus haut la bande paraît se bifurquer, et au passage du principal torrent, droit vis-à-vis de Bérisal, on rencontre une roche métamorphique grisâtre, très analogue au gneiss, intercalée entre deux bancs dolomitiques (Pl. 21), avec un plongement général d'environ 76° au nord-ouest. J'ai poursuivi la bande dolomitique inférieure jusqu'à Unterstafel (2015 ^{m}); elle suit presque constamment le sentier et présente plusieurs variétés de dolomie, depuis les véritables cargneules jaunâtres et les calcaires dolomitiques compactes, plus ou moins blancs, jusqu'à des dolomies sableuses ou saccharoïdes, semblables à celles du Binnenthal.

La prolongation au nord-est est marquée sur la carte de Gerlach, par le col de Stafel et le Jaffischthal, jusque tout au fond de la vallée de Binn. Au col de Stafel Gerlach indique en outre deux lambeaux de gypse, que nous avons pu reconnaître de loin (depuis la Tête de Bärenfallen, au-dessus de Wasen).

Au sud-est, la continuation n'est pas moins évidente. Sous Schallberg, au bord de la Saltine, près du pont abandonné de l'ancien chemin du Simplon, M. Lory a constaté un petit lambeau de gypse, presque vertical, qui lui a paru séparé par une faille des gneiss de la rive gauche, lesquels plongent en sens inverse, c'est-à-dire au sud-est (Pl. 20). Au-delà de Grund la carte de Gerlach indique encore un lambeau dolomitique dans la même direction, au fond des gorges de Nessel, jusque assez haut du côté du Faulhorn. Enfin les deux lambeaux de gypse que l'on voit sur la dite carte au-dessus de Visperterminen et près du lac de Terminen, appartiennent sans doute encore à la même bande.

IV. Schistes lustrés.

Le chainon septentrional qui sépare la vallée de la Ganther de celle du Rhône, et qui comprend le Glishorn (2483m), l'arète de Rosswald, ainsi que les sommets plus septentrionaux Klenenhorn, Tunnetschhorn (2945m), Bettlihorn (2965m), Furggenhorn, Eggerhorn (2530m), etc., est composée de schistes marno-micacés foncés, désignés généralement sous les noms de schistes gris ou schistes lustrés *(glanzschiefer)*. Ces schistes sont très feuilletés et peu consistants, sauf dans les parties où ils sont traversés par de nombreuses veinules blanchâtres, irrégulières et rognoneuses, de calcite ou de quartz.

Dans la vallée de la Ganther ces schistes lustrés succèdent immédiatement à la bande dolomitique, en conservant le même plongement au nord-ouest; tandis que sur le versant opposé ils ont un plongement sud-est d'au moins 70°. Sur la route du Simplon, entre Schallberg et Bleiche Kapelle (1241m), on voit ces deux plongements contraires se rapprocher de plus en plus de la verticale; et dans le fond des gorges de la Saltine les couches paraissent absolument verticales (Pl. 20). Nous avons donc à faire à un plissement en V très aigu, ou mieux en Y, dont la ligne synclinale correspond à peu près à l'arète de Rosswald.

Cette disposition synclinale est également bien caractérisée dans la traversée du chainon plus à l'est, de Unterstafel à Termen par Rosswald (1940m). Près de la bande dolomitique les schistes lustrés conservent le fort plongement de cette dernière au nord-ouest, tandis qu'au-delà de Rosswald, à Termen Alp et jusqu'au bas de la montagne le plongement est partout au sud-est (Pl. 21). Mais c'est surtout sur les flancs du Klenenhorn, dans le haut des escarpements qui dominent les gorges de Termen, que le pli synclinal est surtout facile à observer, même à distance. Depuis la chapelle de Rosswald il se voit avec une grande netteté aux environs de la cote 2440^{m}.

Dans les environs de Schlucht, de grands amas glaciaires empêchent de voir le sous-sol, mais les schistes lustrés se retrouvent au-delà de Termen dans la berge du Rhône, où ils plongent au sud-est de 30° environ.

Dans les gorges de la Saltine au contraire, grâce à la profondeur de l'échancrure, on peut voir le sous-sol jusqu'aux environs de Brieg. J'ai représenté dans mon profil (Pl. 20) la coupe naturelle qu'offrent les escarpements de la Saltine, en réduisant à l'échelle un croquis fait par mon collègue M. Heim. On y voit les schistes lustrés, d'abord verticaux, s'incliner de plus en plus vers le nord, jusqu'au pointement de gypse, sous Lingwurm, dont je parlerai tout à l'heure. En aval du gypse le plongement est de 83° au sud-est; les schistes présentent ensuite diverses irrégularités, puis en amont du pont Napoléon ils prennent un plongement inverse au nord-ouest, qui va en s'affaiblissant jusqu'à 50° environ. Il y a donc là l'indice d'un pli anticlinal, ou même peut-être de deux plis anticlinaux, dont la continuation du côté de Schlucht est entièrement cachée par le glaciaire.

Je dois ajouter que ces derniers schistes, en aval du gypse, sont de couleur plus foncée, et ressemblent quelque peu aux schistes anthraxifères, qu'on retrouve dans la vallée du Rhône plus à l'ouest, aux environs de Tourtemagne.

V. Gypse et dolomie de la vallée du Rhône.

La berge escarpée qui suit la rive gauche du Rhône en amont de Brieg, est formée jusque près de Termen de schistes lustrés. Mais, vis-à-vis de l'embouchure de la Massa dans le Rhône, on voit paraître en dessous de ces schistes un complexe de gypses et dolomies *(schichten-complex)*, qui vers aval se trouvait au-dessous du niveau de la vallée d'alluvion, comme je l'ai représenté dans mon profil Pl. 21. Ces couches ont le même plongement que les schistes superposés, environ 30° au sud sud-est, et s'élèvent obliquement au travers de la berge dans la direction du nord-est. Droit en dessous de Termen elles occupent presque toute la hauteur de la berge, qui présente de haut en bas la coupe suivante, relevée avec M. Heim, mais trop rapidement pour pouvoir en mesurer exactement les épaisseurs :

a) Erratique occupant tout le replat de Termen.
b) Schistes lustrés de couleur grisâtre, formant le haut de la berge.
c) Dolomie saccharoïde, d'un beau blanc, plus ou moins friable ; de loin on la prendrait pour du gypse — environ 15 mètres.
d) Schistes analogues aux précédents, mais en général plus foncés — 4 à 5 mètres.
e) Dolomie saccharoïde, identique à la précédente — environ 20 mètres.
f) Gypse grenu, d'un beau blanc — environ 35 mètres.
g) Banc de quartzite blanc — 2 à 3 mètres.
h) Gypse identique au précédent — 20 à 25 mètres.
i) Schistes verdâtres — 10 à 12 mètres.
k) Schistes argilo-calcaires noirâtres, formant tout le bas de la berge, et disparaissant sous le talus d'éboulement.

Dans son prolongement au nord-est la bande gypseuse quitte bientôt la berge et disparaît sous l'erratique du plateau de Termen, mais on la voit de loin réapparaître dans le profond ravin en dessous de Tunnetsch. La carte de Gerlach marque trois affleurements de gypse dans le même alignement, sous Nasenbord, au-dessus de Mörel ; sous Sali, au-dessus de Grengiols ; et enfin dans le Binnenthal, vers Ausserbinn (1330^{m}), presque au pied nord de l'Eggerhorn.

Ce complexe gypso-dolomitique forme évidemment une bande régulière, parallèle à celle des vallées de la Ganther et de Jaffisch, et limite au nord-ouest le chaînon de schistes lustrés (Glisshorn-Eggerhorn), dont nous avons déjà vu la disposition synclinale fortement accusée.

En dehors de cette bande j'ai encore à signaler, dans la vallée du Rhône, deux remarquables gisements de gypse.

C'est d'abord celui de la Saltine inférieure, représenté dans mon profil Pl. 20, d'après le croquis de M. Heim. Le gypse forme là un pointement isolé, qui ne peut se voir que dans les berges de la Saltine et qui n'atteint pas même le sommet de ces berges. La disposition des couches est assez confuse, mais semblerait indiquer une anticlinale. Aucune trace de dolomie n'a pu être observée au voisinage de ce gypse; celui-ci se compose de deux masses, séparées par une 30^{ne} de mètres de schistes lustrés plus ou moins foncés. Le pointement gypseux d'amont n'a qu'une 10^{ne} de mètres d'épaisseur; celui d'aval a 50^{m} environ et s'élève plus haut, presque jusqu'au sommet de la berge.

J'ai peine à me rendre compte de la valeur orographique de ce pointement de gypse. Il ne peut pas être la continuation de la bande de Termen, qui disparaît au sud-ouest sous le niveau de la vallée. Les amas glaciaires de Schlucht nous en cachent la prolongation nord-est, à supposer qu'elle existe. Nous n'en avons pas trouvé trace dans le ravin qui du Klennenhorn descend vers Schlucht. A l'ouest de la Saltine, dans la gorge qui descend du Glisshorn sur Wickert et le Pont Napoléon, M. Heim a également vainement cherché le gypse, quoiqu'il nous eût semblé qu'on aurait dû l'y retrouver. En revanche la carte de Gerlach en indique, au-dessus de Gamsen, un affleurement qui doit bien être la prolongation, soit du gypse de la Saltine, soit de celui de Termen.

Le second gisement à signaler est celui de Naters, ou, pour parler plus exactement, du cours inférieur de la Massa. Sur la rive droite de la vallée du Rhône toute la côte est composée de gneiss (Pl. 20 et 21) se rattachant au massif cristallin des Alpes bernoises. Le petit mont qui sépare Naters de la Massa, et forme une sorte de promontoire dans la vallée, fait toutefois exception. Cette colline est recouverte d'énormes amas glaciaires, sous lesquels on voit apparaître divers affleurements de gypse, de dolomie et de schistes lustrés. Les couches en sont très fortement relevées, plongeant d'au moins 70° au sud-est. Dans la partie la plus saillante du promontoire, presque au bord de la route, j'ai trouvé un affleurement de calcaire dolomitique, qui représenterait les couches supérieures du complexe, si la disposition est bien normale. Un peu plus loin, après le pont sur la Massa, dans la berge droite de cette rivière, se trouve un affleurement de gypse; au-delà viennent des schistes lustrés; et plus loin encore, presque au contact du gneiss, se trouve une nouvelle bande de gypse, dont on voit les affleurements sur les deux berges de la Massa. Le plus apparent se trouve dans l'escarpement abrupte de la berge gauche.

Les eaux de la rivière, trouvant là un terrain plus tendre, se sont creusé un large bassin, de forme circulaire, d'où la Massa s'écoule dans le Rhône avec l'aspect d'un fleuve d'égale importance. Mais en amont, au travers des gneiss, le cours de la Massa n'est qu'une gorge étroite et profonde, que l'on traverse, à quelques pas du bassin, sur un petit pont formé de deux planches, au-dessus d'un vertigineux abîme. Cet endroit, à un kilomètre environ de la grande route du Valais, offre un site des plus grandioses, qui n'est jamais visité par les touristes. On fait souvent des lieues pour contempler quelque point de vue en vogue, infiniment moins pittoresque que celui-ci.

VI. Conclusions théoriques.

Dans les cinq chapitres qui précèdent je me suis attaché à faire connaître les faits, m'abstenant à dessein de discuter soit l'âge, soit l'origine des terrains mentionnés, soit même les flexions ou déplacements divers qu'ils doivent avoir subis. C'est à ces considérations théoriques que je veux maintenant consacrer encore quelques pages.

Le plus ancien de tous les terrains que nous ayons observés, dans la région du Simplon, est le gneiss d'Antigorio. Nous n'avons eu à ce sujet aucune hésitation, ni aucune divergeance. Il forme ici un bombement régulier qui supporte tous les autres terrains rencontrés dans notre exploration.

Je dois faire observer toutefois que Gerlach[5] annonce avoir vu, près de Crodo dans le val d'Antigorio, le même gneiss reposer sur les micaschistes, et que, pour expliquer cette disposition, qui l'étonne, il admet dans son Profil I un renversement absolu des couches. Comme je n'ai pas visité ces lieux, je ne puis avoir aucune opinion à cet égard, mais je rappelle le fait, par prudence.

Par l'ensemble de ses caractères, et en particulier par sa disposition plus ou moins massive, ce gneiss a beaucoup de rapports avec la protogine du Mont-Blanc, etc., et doit évidemment jouer le même rôle dans l'orographie des Alpes. Il sera donc considéré, par beaucoup de géologues, comme *terrain primitif*. J'ai plutôt la tendance à voir dans ces roches cristallines de nos Alpes, même massives, des terrains métamorphiques, primitivement sédimentaires, mais je dois déclarer que je n'ai rien pu observer dans ce massif de gneiss qui me fournisse des renseignements positifs sur son origine. La question générale est d'ailleurs trop grave pour la discuter à propos d'un cas particulier, et peut-être serait-il prématuré de chercher à la résoudre maintenant.

---

[5] *Gerlach.* — Penninische Alpen, p 106.

Il n'en est pas de même pour les schistes cristallins superposés, qui forment la plus grande partie du Simplon. Leur schistosité beaucoup prononcée; leur variabilité minéralogique dans le sens de l'épaisseur, avec une certaine constance dans le sens de la longueur; les intercalations de bancs calcaires, qui ne sont pas des accidents locaux, mais qui se poursuivent sur de grandes distances; le parallélisme de la schistosité avec ces bancs calcaires, et plus généralement avec les plans de changement pétrographique; tout cela me persuade que ces schistes sont d'origine positivement sédimentaire, et que leurs variations minéralogiques sont dues à des changements dans la sédimentation, par l'apport mécanique de matériaux tantôt plus argileux, tantôt plus sableux, tantôt plus calcaires. En cela je suis bien d'accord avec Gerlach, qui comprenait ces schistes sous la désignation générale de *schistes métamorphiques anciens.*

Mais si ces schistes sont d'anciens sédiments, quand se sont-ils déposés? A quelle époque les rapporter? L'absence complète de fossiles ne permet pas une solution positive, à moins qu'on ne veuille les faire remonter à la phase de sédimentation azoïque. Je ne saurais me ranger à ce dernier point de vue; la présence de sédiments calcaires me paraît toujours un indice de vie organique. Sans doute nous voyons dans la nature actuelle de nombreuses formations calcaires dues à une précipitation hydro-chimique, mais ce sont toujours des cas exceptionnels, donnant lieu à des amas locaux, de forme ordinairement irrégulière, et non à des bancs continus, régulièrement stratifiés. D'ailleurs le carbonate calcaire amené par les eaux minérales n'a-t-il pas été emprunté, par voie de dissolution, aux bancs calcaires d'origine sédimentaire et organique? Plus je vais en avant, plus je me persuade que la vie organique est le point de départ de toute formation calcaire, et qu'ainsi toute roche composée de carbonate de calcium doit nécessairement appartenir à la phase organique du globe. Si cela est, nos schistes cristallins entremêlés de bancs calcaires doivent appartenir à quelqu'une des époques de l'ère paléozoïque, car ils sont évidemment antérieurs aux terrains triasiques. Préciser davantage me paraît pour le moment impossible.

Mais une autre question se présente : Faut-il considérer tous ces schistes cristallins, depuis la limite du gneiss d'Antigorio jusqu'à la bande dolomitique de la vallée de la Ganther (tout le rose pâle de mes profils), comme une série stratigrafique continue, avec intercalations de trois bancs calcaires d'âges différents ? ou n'y a-t-il peut-être pas dans cet ensemble plusieurs répétitions des mêmes couches, par plissements ou par failles ? En particulier les trois bandes calcaires ne pourraient-elles pas appartenir peut-être à un seul et même banc, qui affleurerait trois fois ?

Gerlach ne paraît pas même s'être posé cette question. Quand je l'ai soulevée dans notre exploration, mes deux collègues, MM. Lory et Heim, l'ont résolue suivant la première alternative, sauf que M. Lory plaçait une faille près du Refuge nº 4, pour expliquer les plongements inverses que l'on observe en ce point (Pl. 20). Pour moi j'avais des scrupules, et plus j'y pense plus ils se fortifient. Non pas que je sois arrivé à une conviction; je ne connais pas suffisamment ces montagnes pour oser trancher la question, mais je désire tout au moins la poser, comme un point important à élucider dans de futures études. Pour arriver à résoudre cette difficulté, il faudrait, non-seulement explorer en détail tout le massif du Simplon, mais encore en poursuivre les zones constitutives à droite et à gauche, au nord-est et au sud-ouest, pour voir si quelques-unes d'entre-elles ne viennent pas à se confondre et simplifier ainsi le complexe cristallin.

Si Gerlach eût vécu, c'est lui qui aurait pu, une fois la question posée, arriver à la résoudre, car personne ne connaissait comme lui les Alpes Pennines. Espérons que quelque jeune géologue, doué d'un jarret d'alpiniste et d'une tête à l'avenant, se donnera tôt ou tard la tâche d'étudier cet intéressant problème. Celui qui réussirait, en effet, à démontrer que nos trois bandes calcaires ne sont que trois affleurements d'un même banc, tiendrait la clef orographique de nos Alpes cristallines, car l'élucidation de ce point aurait une portée générale pour l'ensemble de la chaîne des Alpes.

En attendant une semblable étude, voici les arguments qui me porteraient à penser qu'il y a peut-être deux ou plusieurs répétitions des mêmes couches :

1° L'analogie très grande des trois bandes calcaires est une présomption en faveur de leur unité d'âge et d'origine. Leur épaisseur est à peu près la même et varie pour chaque bande dans les mêmes proportions. Leurs diverses variétés pétrographiques se retrouvent également dans chaque bande.

2° Le retour réitéré des mêmes variétés de schistes cristallins me paraît également une présomption dans le même sens. Ces variétés pourraient sans doute provenir de la répétition à divers âges des mêmes conditions de sédimentations, mais si l'on parvenait à retrouver dans ces variations une régularité symétrique, ce serait un très fort argument en faveur des flexions.

3° Les variations alternatives dans le plongement parlent encore dans le même sens. Sans doute, sauf vers le bord septentrional où j'ai signalé des plongements inverses, les schistes inclinent presque toujours au nord-ouest, mais la déclivité n'est ni constante, ni régulièrement croissante ou décroissante, comme elle l'est dans le gneiss d'Antigorio, et comme il semble qu'elle devrait l'être, sauf exceptions locales, s'il n'y avait pas de plis.

4° L'épaisseur énorme de cet ensemble de schistes rend en outre improbable qu'ils forment une seule masse continue sans répétitions. D'après mes profils à l'échelle, il y en aurait environ 6000 mètres. Je me défie toujours de ces immenses épaisseurs de dépôts. Presque partout où les moyens d'analyse stratigraphique n'ont pas fait défaut, on est arrivé à reconnaître que ces épaisseurs fabuleuses étaient dues à des amplifications, résultant de failles ou de plissements.

5° Enfin la comparaison avec les parties fossilifères des Alpes, me paraît rendre bien probable l'existence de plis dans ce massif. Partout où les caractères paléontologiques ou pétrographiques permettent de reconnaître sûrement les divers horizons stratigraphiques, on reconnaît dans les Alpes des plissements nombreux et intenses, et souvent des failles. Même ici, au Simplon, nous en avons un exemple dans le chaînon des schistes lustrés, qui forme une synclinale fortement comprimée. Comment n'en serait-il pas de même dans la partie centrale de la chaîne, où les mêmes actions ont dû être à l'œuvre plus longtemps, et probablement avec une intensité plus grande ?

Je livre ces considérations à la réflexion de mes collègues et des futurs explorateurs des Alpes Pennines.

Reste le chaînon latéral, qui borde la vallée du Rhône. Quoique fortement métamorphique et jusqu'ici privé de fossiles, son origine sédimentaire ne saurait être contestée. Nous étions unanimes sur ce point, comme aussi pour assigner aux couches qui le composent un âge mésozoïque, et pour une bonne part triasique. MM. Lory et Heim considèrent en effet, ainsi que moi, les gypses, dolomies, cargneules de nos Alpes comme appartenant au trias. Nous n'avons trouvé ici aucun argument nouveau en faveur de cette détermination d'âge, mais aussi aucun argument contraire. Je ne m'y arrêterai donc pas.

Quant aux schistes lustrés, M. Lory les a reconnus identiques à ceux du Mont-Cenis, qu'il a de fortes raisons pour attribuer également au trias. Toutefois je ne serais point étonné que les couches supérieures de ces schistes, celles qui forment le centre de la synclinale, appartinssent peut-être au lias, mais c'est là une impression à l'appui de laquelle je ne puis avancer aucun argument. De même M. Heim trouvait aux schistes plus foncés, qui bordent la vallée du Rhône, une certaine analogie d'aspect avec les schistes antraxifères, mais nous n'avons pas de raisons suffisantes pour les séparer des autres.

Nous aurions donc là, très probablement, un ensemble de couches triasiques, formant une synclinale bien caractérisée, dont l'axe correspondrait à peu près à la ligne culminante de la chaîne, et dont les dolomies et les gypses, relevés de droite et de gauche, formeraient la base.

Entre cette synclinale et la vallée du Rhône, n'y a-t-il pas en outre, comme le donnerait à penser la coupe le long des berges de la Saltine, une nouvelle anticlinale? laquelle nécessiterait à son tour une seconde synclinale, passant aux environs de Termen? Voilà une autre question à résoudre.

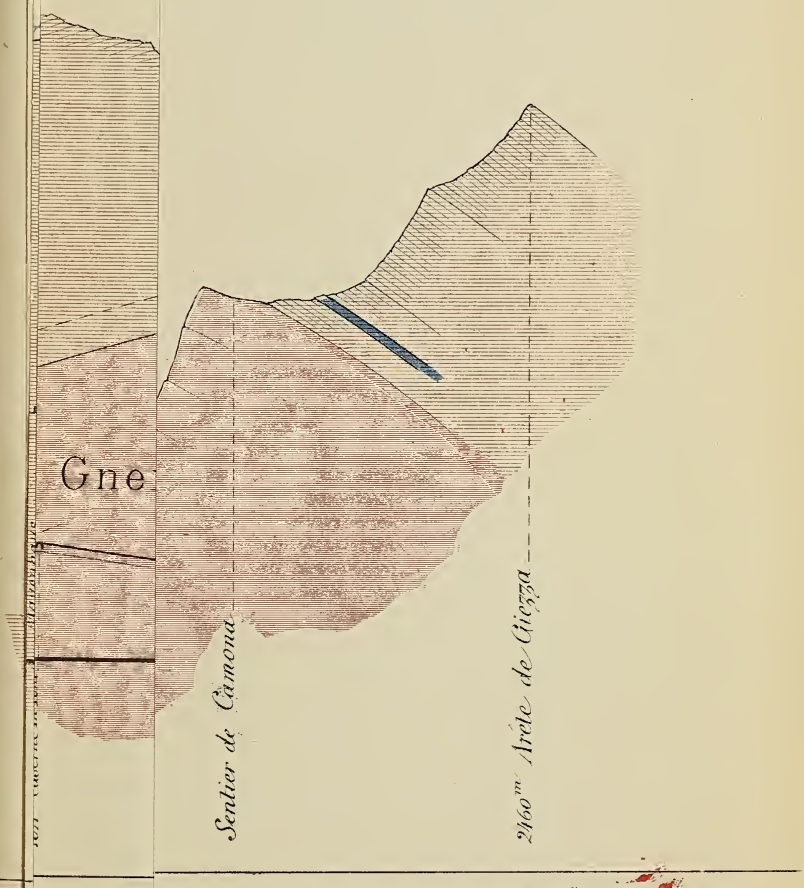
Enfin quelle est la relation orographique entre le gypse de Termen et celui de la Massa (ou de Naters)? Sont-ils en superposition régulière? Forment-ils les deux branches d'un pli synclinal? Ou est-ce une récurrence due à une faille? Nouvelle question à laquelle je n'oserais répondre actuellement.

Comme on le voit, les points de doute sont nombreux ; mais pourrait-il bien en être autrement dans ces régions centrales de nos Alpes ? et n'est-ce pas déjà quelque chose que de poser les problèmes à résoudre ?

Si l'on arrive à exécuter un jour le tunnel du Simplon, il pourra contribuer, sans doute, à la solution de plusieurs de ces questions.

Sc. Nat.—Vol. XV.—Pl. XX.

PR


Gne
Sentier de Camona
2460m Arête de Giezza

Jules Chappuis Lith. Lausanne

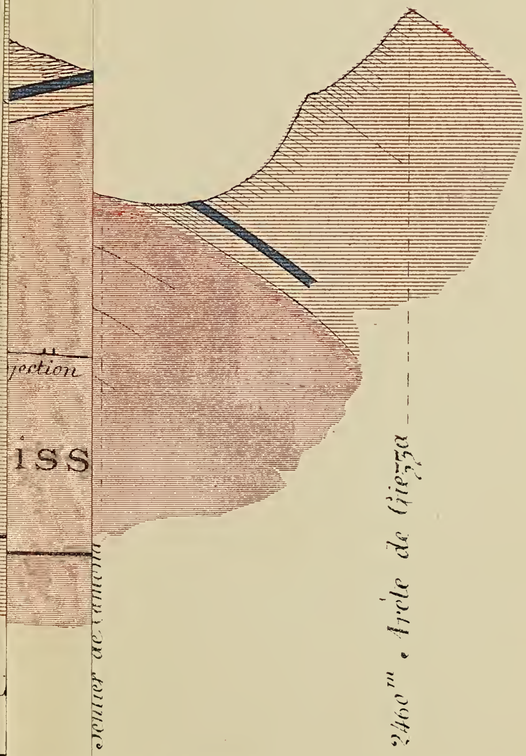
PROFILS GÉOLOGIQUES DU TUNNEL DU SIMPLON PAR E. RENEVIER PROF.

Tracé haut débouchant sur Brieg, avec la projection du cours de la Saltine et de la Route du Simplon.

Echelle 1:25.000
pour distances et altitude.

VALLÉE DU RHÔNE
VAL DI VEDRO
711m Tête Nord du Tunnel
6875 Tête Sud du Tunnel
Schistes lustrés gris
Schistes noirs
Route du Simplon
erratique
Projection du cours de la Saltine
Anticlinale
Synclinale
Synclinale
Schistes cristallins
Projection de la Route du Simplon
Projection du cours du Frimmabach
Projection de la Route du Simplon
Gneiss d'Antigorio
Anticlinale
672m Rhône
684m Route du Valais
Brieg
Saltine sous le Pont Napoléon
788m Route
752m Coude Saltine
774m Entre les Gypses
793m Saltine
817m Saltine
1241m Bleiche Kapelle
840m Saltine
994m Saltine
1012m Saltine
1331m Refuge II
1045m Saltine
1062m Confluent de Grund
Vieux Pont de Grund
Synclinale
Refuge IV
Rothwald
Engeloch
1890m Casford
Ruppen
Pic de Barenfall
1654m Refuge V
Arête de Monte Leone
Glacier de Kaltwasser
Simplon
Gabbio
Torrent du Laggo di Vedro
Gabbio
1157m Caserne VIII
1142m Pont
1071m Caserne IX Pont
Monte Cistella
Camosrella
Balma
Vigna
859m Gondo
802m Frontière
San Marco
Balmore
Diveria, Rio
Osone
Sentier de Camona
2460m Arête de Cicogna
Longueur du Tunnel 18.504m
Kilomètres 9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
Niveau de la Mer

P F c. nat.-Vol. XV.-Pl. XXI.



jection
ISS
Sentier de Camona
2460m. Arête de Giezza

Lith. Jules Chappuis, Lausanne

Echelle : 1. 25.000
pour distances et altitudes.

PROFILS GÉOLOGIQUES DU TUNNEL DU SIMPLON PAR E. RENEVIER PROF.

Tracé bas débouchant vis-à-vis de Naters, avec la projection du cours de la Cherasca

VALLÉE DU RHONE
VAL DI VEDRO
680m Tête Nord du Tunnel
687,5m Tête Sud du Tunnel
Schistes lustrés
Schistes cristallins
Gneiss d'Antigorio
erratiq.
erratique
Marais
schist. lustrés
dolom.
gypse
schist. noirs
2440m
schist. lustrés
dolomi
schist. amphibol.
dolomie
gneiss
2015m Unt. Stafel
Projection du cours supérieur de la Saltine
Alpe Diveglia
Alpe di Nembro
Projection du cours de la Cherasca
3257m Wasenhorn
Glacier de Wasen
Glacier de la Saltine
Glacier de Terrarossa
Ruisseau de Lago di Vino
Camosella
Balmelle
Camosella
Balma
calc.
1335m
Syndinale
Synclinale
Anticlinale
Sidders
672m Route
Rhone fl.
Chemin de Termen
805m
826m Ruisseau
Route du Simplon
Ried
Route du Simplon
1447m Mygg Alp
1713m Resti-Alp
Route du Simplon
1200m Saltine sup.
1493m Bodmen
1400m Pont sous Berisal
Route du Simplon
1900m Wasen
Wintermatten
700m palier
Ruisseau d'Aurona
1735m Al Ronc
Ruisseau d'Alpien
Camporavera
Ruisseau de Lago di Vino
Vigna
Balmore
Diveria Riv.
Osone
Sentier de Camona
2400m Arête de Giezza
Longueur du Tunnel 19.075m
Kilomètres 10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
Niveau de la Mer

CONTRIBUTIONS

A L'ÉTUDE DE LA

LIMNIMÉTRIE[1] DU LAC LÉMAN

par le Dr F.-A. FOREL
professeur à l'Académie de Lausanne.

IIIe SÉRIE[2]

(Pl. 22.)

§ XVIII. — Les limnimètres du lac *(suite)*.

Dans le § Ier de ma première série, j'ai donné la description des limnimètres existant sur le lac au commencement de l'année 1877; j'ai quelques adjonctions et corrections à faire à ces notes.

1° *Limnimètre de Vevey.* Depuis la réparation faite en janvier 1877, l'équation du limnimètre de Vevey a été changée. J'ai indiqué la nouvelle équation d'après une comparaison de onze jours d'observation avec le limnimètre de Morges; j'avais obtenu ainsi $c = + 0^m.19$.

---

[1] Dans le supplément de 1877 du grand dictionnaire Littré, le mot *Limnimètre* est indiqué comme étant fautif et comme devant s'écrire, d'après les règles de la composition des mots, *Limnomètre.* Cette remarque est parfaitement exacte. Mais l'usage de plus de 50 années me force à conserver le mot, qui est passé dans la langue courante.

[2] Voir la Ire série. Bull. XIV. 589-652.
IIe série. Bull. XV. 129-174.

Une nouvelle comparaison portant sur 110 jours me permet une approximation plus approchée.

1877		*h* **Vevey.**	*h* **Morges**	*c.*
		m.	m.	m.
Février	18 jours	1.305	1.495	+ 0.190
Mars	31 »	1.209	1.392	+ 0.183
Avril	30 »	1.250	1.437	+ 0.187
Mai	31 »	1.469	1.660	+ 0.191
			Moyenne	+ 0.188

A supposer exacte l'équation du limnimètre de Morges (enregistreur), la correction du limnimètre à flotteur de Vevey serait de + $0^{m}.188$.

Une opération de nivellement a été faite le 14 novembre 1877 par M. L. Gonin, ingénieur cantonal vaudois. Voici les détails de cette opération.

A 3 h. de l'après midi, le lac étant calme, la surface de l'eau a été nivelée et on a trouvé qu'elle était au-dessous du repère fédéral N.F. 71 . . . . $2^{m}.245$

Ce repère est à la cote limnimétrique absolue . $3^{m}.582$

Différence . . $1^{m}.257$

Le limnimètre marquait à ce moment . . . . $1^{m}.065$

Différence, soit correction *c* du limnimètre de Vevey . . . . + $0^{m}.192$

Ce chiffre, qui ne diffère que de 4^{mm} de celui que nous avait donné une comparaison de 110 jours avec le limnimètre de Morges, est celui que nous adopterons comme représentant l'équation du limnimètre de Vevey à dater du 11 février 1877.

Je trouve dans cette opération un contrôle intéressant de l'exactitude de l'équation du limnimètre enregistreur de Morges.

2° *Limnimètre de Genthod.* Règle en fer divisée en centimètres, fixée contre le mur du port, dans le Creux-de-Genthod, devant la propriété de M. Henri de Saussure.

Correction $c = + 0.012^{m}$. [1]

---

[1] *Hirsch* et *Plantamour.* Nivellement de précision de la Suisse. V, 357, Genève 1874.

3° *Limnimètre enregistreur de Sécheron.* M. Philippe Plantamour a fait établir dans le jardin de sa campagne à Sécheron un appareil enregistreur construit d'après les principes de celui de Morges [1]. Il diffère cependant de ce dernier en quelques points.

Cet appareil, très délicat et très soigné, sort des ateliers de la « Société de construction d'instruments de physique de Genève ; » il fonctionne depuis le milieu de juin 1877 et a révélé une foule de faits nouveaux et curieux sur les allures des seiches dans la rade de Genève.

Nous aurons à utiliser dans les paragraphes suivants plus d'une donnée fournie par ce limnimètre.

4° *Limnimètre du Jardin anglais* de Genève. — D'après une communication de M. E. Plantamour, depuis quelques années une double lecture est faite journellement à ce limnimètre par deux employés différents ; l'une à 8 ou 9 h. par un agent de l'administration des Eaux, l'autre à 11 h. ou midi par un employé de l'Observatoire. Ces deux lectures sont comparées, et quand, par une cause quelconque, elles diffèrent, on prend pour hauteur de ce jour la moyenne des deux lectures. De cette manière, les erreurs graves provenant des seiches sont en partie annulées.

5° *Limnimètre de la machine hydraulique* de Genève ; cet appareil à flotteur, placé dans la salle du bâtiment la plus rapprochée de la rive gauche, donne le niveau de l'eau mesuré au-dessus de la machine, c'est-à-dire dans le port de Genève. Mais le courant très appréciable et surtout très variable dans son intensité qui existe dans le port lui-même, et à son entrée dans le lac, le courant surtout qui a lieu depuis l'île des Barques et le pont des Bergues jusqu'à la Machine, empêchent d'utiliser les données fournies par cet appareil pour l'étude du niveau du lac. Les critiques qu'on peut faire à ce sujet au limnimètre du Jardin-anglais sont *à fortiori* applicables à celui de la Machine hydraulique. D'ailleurs l'agitation violente de l'eau qui va se précipiter sous les roues de la Machine et les remous violents qui secouent l'appareil donnent une incertitude générale à l'exactitude des lectures. La correction de cet appareil est d'après le nivellement de 1874:

---

[1] V. Ire série, p. 10 sq.

$$C = + 0^{m},129.$$ [1]

§ XIX. — Dénivellations temporaires continues *(suite).*

Au § XIII (II^{e} série), j'ai décrit sous ce nom les dénivellations non rhythmiques du lac se continuant pendant plusieurs heures ou plusieurs jours et dues à des variations dans la pression atmosphérique.

En comparant les chiffres des observations de Morges (enregistreur) et de Genève (limnimètre du Jardin anglais), j'ai montré que ces dénivellations pouvaient avoir une importance parfaitement appréciable, atteignant entre Genève et Morges jusqu'à 10 centimètres; quant à la cause de ces dénivellations, j'ai dû la rapporter essentiellement au vent. J'ai constaté en effet que d'une manière générale l'eau était toujours soulevée sur la rive vers laquelle souffle le vent, et déprimée sur la rive d'où il vient.

Grâce à l'aimable obligeance de M. Ph. Plantamour, qui depuis que son enregistreur fonctionne a bien voulu me communiquer, mois par mois, les tracés de son appareil, j'ai pu poursuivre cette étude dans des conditions particulièrement favorables. J'ai en effet pu, jour après jour, faire la comparaison des hauteurs absolues du lac données par les deux appareils enregistreurs de Morges et de Sécheron; j'ai pu mesurer avec toute l'exactitude que je voulais y mettre, heure par heure quand c'était nécessaire, avec la règle millimétrique, la hauteur du lac dessinée sur les tracés; j'ai pu en particulier m'affranchir absolument des erreurs dues aux seiches[1]. Et certes ces erreurs peuvent être fort importantes; l'étude que j'en ai faite me l'a bien montré. Je vais essayer d'utiliser ces matériaux précieux pour quelques comparaisons.

---

[1] *Hirsch* et *Plantamour* (loc. cit. p. 2), p. 357.

Dans le tableau XVI, à la fin de ce mémoire, j'ai donné à côté de la valeur h, hauteur absolue du lac pour chaque jour de l'année, une valeur d tirée de la comparaison des tracés de Morges et de Sécheron. Je prends la hauteur absolue du lac à midi à Morges h^{m} et la hauteur absolue du lac à Sécheron à la même heure h^{s} et j'en fais la différence

$$h^{\mathrm{m}} - h^{\mathrm{s}} = d$$

Si l'eau est plus élevée à Morges, la différence est positive (c'est le sens de la pente du lac); si l'eau est plus élevée à Genève, la différence d a le signe négatif. Les valeurs de d sont exprimées en millimètres[2].

Un premier coup d'œil jeté sur ce tableau montre de grandes variations d'un jour à l'autre.

Sur les 146[3] valeurs de d,

72 ont le signe positif,
9 sont égales à zéro;
65 ont le signe négatif.

---

[1] Pour mesurer la hauteur moyenne du lac à une heure donnée, au milieu des ondulations souvent fort irrégulières des seiches, je me sers d'une règle en corne transparente de 20 centimètres de longueur que je place au juger sur le tracé, de telle manière que la surface des ondulations qui dépassent au-dessus le plan moyen soit équivalente à la surface de celles qui le dépassent au-dessous. Avec un peu d'exercice je suis arrivé à ne pas faire d'écart entre deux évaluations indépendantes de plus d'un millimètre pour les seiches relativement simples de Morges, de plus de deux à trois millimètres pour les seiches plus compliquées de Genève.

[2] La pente du lac entre Morges et Sécheron pouvant être considérée comme nulle, je n'ai pas, comme dans la valeur d' du tableau IX (II$^{\mathrm{e}}$ série), eu à faire intervenir ici la correction variable de la pente de la sortie du lac.

[3] Je ne dispose que de 146 jours de comparaison. En effet, le limnimètre de Sécheron n'a commencé à fonctionner régulièrement qu'à dater du 18 juin 1877. Puis entre le 18 octobre et le 25 novembre les eaux ont été trop basses pour que l'enregistreur de Morges ait pu travailler.

Alors même que les valeurs positives de *d* sont en majorité, l'importance de certaines valeurs négatives est telle que la moyenne générale a le signe négatif.

La moyenne de ces 146 valeurs de *d* est — 2^{mm}.

C'est-à-dire que si dans cette seconde moitié de l'année 1877, le nombre de jours où la pente a lieu dans le sens normal, de Morges à Genève, a été le plus fort, cependant si l'on fait intervenir la notion de la grandeur de la pente, la pente a été renversée, l'eau étant en moyenne de 2 millimètres plus élevée à Genève qu'à Morges.

Les valeurs extrêmes des écarts ont été :

Avec le signe positif + 31^{mm} le 17 juillet.
Avec le signe négatif — 87^{mm} le 20 décembre.

D'après ces chiffres, la dénivellation maximale aurait été de 87 millimètres. Nous allons rencontrer mieux que cela.

En étudiant ces questions l'année dernière, j'ai trouvé un rapport évident entre le sens de ces dénivellations et la direction des vents, l'eau étant déprimée dans la région d'où vient le vent, et relevée dans la région vers laquelle il souffle. Avec la notation que j'ai adoptée, et étant données les conditions du lac Léman, cette loi se formule sur notre lac (entre Morges et Genève) en ces termes : La dénivellation est positive par les vents du Sud et négative par les vents du Nord.

Voyons si cela s'est confirmé cette année.

J'utiliserai pour cela les observations météorologiques publiées par l'Observatoire de Genève[1]. Je préfère prendre ces observations plutôt que mes notes personnelles qui pourraient être entachées d'erreurs involontaires par suite peut-être de quelques idées préconçues.

Sur les 146 jours dont je dispose, j'en trouve 99 pour lesquels la direction du vent est indiquée à Genève[2].

---

[1] Dans les cahiers mensuels des Archives des sciences physiques et naturelles de Genève.

[2] Pour les autres, le vent est noté comme variable, ou bien la valeur *d* de mon tableau étant égale à zéro, je ne puis l'utiliser pour une comparaison.

Sur ces 99 jours, 74 répondent à la loi, *d* étant positif par les vents de S., S.-E. ou S.-O., et négatif par les vents du N., N.-E. ou N.-O. — 25 jours ne suivent pas la loi.

25 sur 99, c'est plus du quart. — La loi ne répond donc pas d'une manière bien suffisante à la réalité. Examinons cela de plus près.

Lorsque le vent est faible, il dure peu et il s'étend peu sur le lac; les vents faibles marqués sur les observations avec le facteur 1 sont souvent des vents locaux ou passagers. Leur effet de dénivellation doit être presque nul. Il vaut donc mieux s'adresser aux jours où le vent d'intensité puissante doit agir avec efficacité pour déniveler le lac.

Je prends donc sur les observations de Genève les jours où le facteur des vents est supérieur à 1, où il atteint 2, 3 ou 4. Sur les 146 jours d'observation je trouve donc ces conditions sur 18 jours de vent du Nord (N., N.-E. ou N.O.) :

17 ayant *d* négatif.
1 » positif.
La valeur moyenne de $d = - 27^{mm}$.

Sur 16 jours de vent du Sud (S., S.-O. ou S.-E.) :

14 ayant *d* positif.
2 » négatif.
La valeur moyenne de $d = + 13^{mm}$.

La loi est donc ici brillamment confirmée.

Il y a cependant 3 jours qui ne répondent pas à la loi; ce sont :

Le 24 juillet,	vent du	S.-S.-O.	2	$d = - 3$.
19 août,	»	S.-S.-O.	2	$d = - 9$.
8 décembre,	»	N.	2	$d = + 6$.

En consultant mes notes personnelles, je trouve l'explication de ces écarts; voici en effet ce que j'ai noté sur les circonstances atmosphériques à Morges :

24 juillet, 7 h. du matin. Grand calme. Grand beau. Orage de Joran à 8 h. 40 soir. (La hauteur du lac étant mesurée à

midi, la dénivellation négative que j'ai constatée n'a rien à faire avec l'orage de Joran, vent d'O., qui a soufflé le soir.)

19 août, 2 h. du soir. Calme. Grand beau.

8 déc., 7 h. du matin. Vent du Midi III[1]. Pluvieux.

Les tracés de mon limnimètre confirment ces indications; d'après eux certainement, il ne régnait pas à Morges, à l'heure de midi, un fort vent du Sud le 24 juillet et le 19 août, et la forte bise qui soufflait le 9 décembre au matin ne s'était pas encore levée le 8 décembre à midi.

L'exactitude de mes notes est confirmée par une comparaison avec les notes de mon collègue M. Ch. Dufour, dont les indications sont absolument conformes aux miennes.

Enfin, comme dernière vérification, je me suis adressé à l'administration des bateaux à vapeur, et j'ai pu, grâce aux rapports des différents bateaux, avoir l'état du temps dans les diverses régions du lac. D'après ces rapports, le 24 juillet et le 19 août il faisait beau temps, le 8 décembre pluie et vent du S.-O.

De cette manière, les dénivellations qui semblaient anormales d'après les observations de Genève sont parfaitement excusées, et je n'ai plus une seule exception inquiétante à ma loi dans les 146 jours d'observation que je critique [2].

Pour mieux nous rendre compte des allures de ces dénivellations, je vais étudier plus en détail un cas spécial.

Je prendrai pour exemple la violente bise qui a commencé à souffler dans l'après-midi du 19 décembre 1877; je l'étudierai heure par heure en donnant dans le tableau suivant la hauteur du lac *h* à Morges, la hauteur du lac à Sécheron, la valeur *d* différence des deux hauteurs, et l'intensité de la bise V appréciée d'après les vibrations dessinées sur le tracé de l'enregistreur de Sécheron.

---

[1] Mes facteurs de l'intensité des vents sont un peu plus forts que ceux de l'Observatoire de Genève; j'atteins les facteurs IV et V plusieurs fois par année.

[2] J'ai eu, grâce à une obligeante communication de M. E. Plantamour, les observations faites à Genève pendant les trois jours en question, toutes les deux heures, de 6 h. du matin à 10 h. du soir. Ces observations montrent qu'il régnait alors à Genève une grande irrégularité dans la force et la direction des vents. Il est probable que ces coups de vent locaux ne peuvent avoir une grande influence pour les dénivellements que nous étudions ici.

Tableau XII.

Dénivellations du lac Léman. Bise des 19-20 décembre 1877.

Date.	Heures.	*h* Morges.	*h* Sécher.	*d*	V	Date.	Heures.	*h* Morges.	*h* Sécher.	*d*	V
		m	m	mm				m	m	mm	
19 déc.	12	1,412	1,421	— 9	$^1/_2$	20 déc.	8	1,376	1,501	—125	4
	13	11	22	— 11			9	77	1,497	—120	
	14	08	27	— 19			10	80	87	—107	
	15	06	29	— 23			11	87	81	— 94	
	16	04	35	— 31	1		12	89	80	— 91	
	17	03	37	— 34			13	88	71	— 83	
	18	08	32	— 24			14	88	55	— 67	
	19	06	29	— 23			15	89	47	— 58	
	20	00	33	— 33			16	89	42	— 53	3
	21	1,397	42	— 45	2		17	91	35	— 48	
	22	1,403	49	— 46			18	92	29	— 37	
	23	1,397	47	— 50			19	91	21	— 30	
20 déc.	0	95	51	— 56	3		20	91	16	— 25	2
	1	94	49	— 55			21	91	17	— 26	
	2	86	55	— 69			22	89	15	— 26	
	3	83	63	— 80			23	89	13	— 24	
	4	86	70	— 84		21 déc.	0	89	12	— 23	
	5	86	73	— 87			1	89	14	— 25	1
	6	83	83	—100			2	88	14	— 26	
	7	81	97	—116	4		3	88	13	— 25	

Pendant ces jours, le baromètre était très haut, de 6 à 8 millimètres au-dessus de la normale. Voici d'après les observations de Genève la hauteur moyenne des 24 heures, rapportée à la normale :

Le 19 décembre, $+ 7^{mm}$ 49.
20 » $+ 6^{mm}$ 72.
21 » $+ 8^{mm}$ 52.

Cet exemple donne une très bonne idée des allures des dénivellations continues du lac. Il montre les eaux s'élevant assez régulièrement à Genève sous l'influence de l'augmentation d'intensité de la bise[1] : du 19 décembre à 12 h. au 20 à 8 h., soit en 20 heures, le lac s'est élevé dans cette station de 80^{mm}, soit en moyenne de 4^{mm} par heure. Pendant ce temps l'eau s'abaissait à Morges, mais de 36^{mm} seulement, un peu moins de 2^{mm} par heure. La dénivellation est ainsi beaucoup plus intense, de plus du double, au fond du golfe long et étroit de Genève, qu'à Morges, où le lac a sa plus grande largeur.

Au moment où la dénivellation est à son maximum, 20 décembre, à 8 h., la différence de niveau entre les deux stations est de 125^{mm}. C'est la plus forte dénivellation que j'aie jusqu'à présent constatée directement.

A partir du moment du maximum, la dénivellation diminue rapidement d'intensité, pour arriver le 20 décembre à 20 h., à un état à peu près stationnaire, où $d = -25^{mm}$ seulement. A ce moment, la bise était d'intensité modérée.

Les conclusions que je tire de ces faits et observations peuvent se formuler comme suit :

1° Les dénivellations temporaires continues du lac existent ; elles sont faciles à constater entre les limnimètres de Morges et de Genève ; entre ces deux ports leur valeur maximale peut atteindre au moins 125 millimètres.

2° Elles sont dues à l'action du vent, qui déprime l'eau dans la région d'où il vient et l'élève dans la région vers laquelle il souffle.

Si nous faisons attention au fait que toute dénivellation qui élève l'eau vers la sortie d'un lac augmente temporairement le débit de l'émissaire, et par conséquent tend à abaisser le niveau moyen, étant donnés les rapports d'écoulement entre les affluents et l'effluent du lac, et que toute dénivellation en sens contraire a un effet opposé, cela nous amène aux résultats suivants pour le lac Léman dont l'émissaire à Genève est dans la direction du S.-O.

---

[1] Ces variations d'intensité de la bise sont confirmées par les notes de M. Ch. Dufour.

a) Les vents du N. et N.-E. en augmentant le débit du Rhône de Genève tendent à abaisser le niveau moyen du lac.

b) Les vents du S. et S.-O. en abaissant localement le niveau à Genève, diminuent le débit de l'émissaire et tendent à élever le niveau moyen de l'eau.

Sur notre lac cette action tend donc à s'additionner à l'effet général des vents du Nord qui sont normalement secs et font tarir les affluents, et à celui des vents du Sud, en général accompagnés de pluie et de crue des fleuves et torrents.

Sur un lac dont l'émissaire serait orienté en sens inverse, comme les lacs de Neuchâtel et de Bienne, par exemple, ces deux ordres d'actions auraient des effets opposés.

Si j'ai insisté sur ces faits, c'est qu'ils sont d'un intérêt général; qu'ils se retrouvent sur tous les lacs et toutes les mers; qu'ils ne sont pas partout dans d'aussi heureuses conditions d'observation que sur notre lac; qu'ils peuvent enfin acquérir un intérêt pratique dans certaines hautes marées équinoxiales de l'océan, où des dénivellations analogues à celles que nous venons d'étudier augmentent considérablement la hauteur de l'eau et par suite les ravages et les désastres; que par conséquent ils méritent d'être étudiés avec attention.

§ XX. — Variations de la pente de la sortie du lac.

Au § IV (I^re^ série, p. 48), en étudiant la pente de la sortie du lac, je suis arrivé à la conclusion qu'elle avait varié; j'ai reconnu par la comparaison des observations de Vevey et de Genève que la différence très notable qu'on peut constater entre la hauteur de l'eau dans le lac lui-même et dans le port de Genève (limnimètre du Grand-Quai, limnimètre du Jardin-Anglais) et que j'ai appelée la pente de la sortie du lac, était non-seulement variable avec les différentes hauteurs du lac, mais qu'elle avait varié d'année en année; j'ai reconnu :

Que de 1851 à 1855 cette pente était sensiblement plus faible qu'elle ne l'est actuellement ;

Que vers 1854 et 1855 cette pente a été considérablement exagérée et a dépassé notablement celle que nous connaissons actuellement ;

Que de 1855 à 1875 elle a été progressivement en décroissant.

J'ai attribué à la construction des jetées du port de Genève le changement important qui a eu lieu à ce point de vue dans le régime du lac vers l'année 1855.

Je puis aujourd'hui confirmer quelques-unes de ces déductions par de nouvelles comparaisons.

J'utiliserai les observations du limnimètre de Rolle des années 1846 à 1850. Je prends les moyennes mensuelles de ces lectures et leur applique, pour les ramener au limnimètre normal, la correction — $0^{m}482$, d'après les documents du bureau des Ponts-et-chaussées du canton de Vaud. Je compare ensuites les valeurs ainsi obtenues avec les moyennes mensuelles du limnimètre de Genève, d'après le tableau de M. E. Plantamour[1], et je fais la différence de ces deux séries de chiffres.

$$h \text{ Rolle} - h \text{ Genève} = d$$

Ainsi par exemple :

$$\begin{array}{lrl} \text{Janvier 1846 } h \text{ Rolle} & = & 1^{m}033 \\ h \text{ Genève} & = & 1^{m}064 \\ d & = & -\,31^{mm} \end{array}$$

Je donne dans le tableau XIII la valeur mensuelle de *d* pour ces 5 années, à savoir la pente indiquée par les observations que je viens de citer entre les deux stations.

---

[1] *E. Plantamour.* Notice sur la hauteur des eaux du lac de Genève, Genève 1874, p. 20.

Tableau XIII.

d soit pente du lac entre Rolle et Genève.

	1846	1847	1848	1849	1850	Moy. de *d*
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Janvier	— 31	— 8	— 39	— 17	— 35	— 26
Février	— 52	— 38	— 11	— 45	— 42	— 38
Mars	— 47	— 54	— 50	— 59	— 57	— 53
Avril	— 71	— 48	— 52	— 78	— 60	— 62
Mai	— 86	— 54	— 80	— 92	— 103	— 83
Juin	— 92	— 83	— 75	— 92	— 75	— 87
Juillet	— 112	— 86	— 84	— 79	— 83	— 89
Août	— 75	— 84	— 76	— 78	— 74	— 77
Septembre	— 60	— 57	— 67	— 59	— 96	— 68
Octobre	— 58	— 61	— 56	— 58	— 68	— 60
Novembre	— 51	— 83	— 63	— 21	— 78	— 59
Décembre	+ 1	— 37	— 51	— 28	— 19	— 27

En étudiant ce tableau je remarque que toutes les valeurs de *d* sont négatives, ce qui signifierait que la pente serait renversée, l'eau étant plus élevée dans le port de Genève qu'à Rolle. Cela est absurde; il y a donc une erreur.

Pouvons-nous corriger cette erreur en modifiant l'équation des limnimètres, soit en diminuant la correction positive du limnimètre de Genève, soit plutôt en diminuant la correction négative du limnimètre de Rolle dont l'équation a été étudiée avec moins de soin? Cela ne suffirait pas à rétablir le parallélisme entre les deux séries d'observations. En effet, dans ces valeurs négatives de *d* il y a quelque chose de très frappant, c'est la variation de ces valeurs qui suit une loi évidente, très manifeste surtout dans la colonne des moyennes; la différence est notablement plus forte dans les mois d'été que dans les mois d'hiver; elle s'élève de —26$^{\text{mm}}$ en janvier, à —89$^{\text{mm}}$ en juillet. Cela signifierait que la pente en sens inverse, la pente négative, serait plus forte en été qu'en hiver; que l'accroissement estival de hauteur des eaux serait plus intense dans le port de Genève que dans le lac lui-même. Cela est absurde. Car c'est en sens inverse qu'ont lieu réellement les variations; en été par les hautes eaux, la pente positive s'accroît, les eaux s'élèvent plus rapidement et plus haut dans le lac que dans le port de Genève; la pente de la sortie du lac est plus accentuée en été qu'en hiver.

Avant d'aller plus loin, je me suis demandé si les irrégularités que je viens de constater ne tiendraient pas au limnimètre de Rolle, appareil à flotteur qui, vers l'année 1853, s'est dérangé et a donné des séries tout à fait fautives d'observations. L'appareil pourrait avoir été déjà pendant la période qui nous occupe, 1846-1850, insuffisamment mobile, la graduation pourrait avoir été incorrecte; le limnimètre à flotteur pourrait encore avoir été trop sensible aux variations de température, et la sphère du flotteur s'être trop enfoncée dans l'eau plus chaude et par conséquent moins dense de l'été, pas assez enfoncée dans l'eau plus dense de l'hiver. Pour vérifier si les irrégularités entre les séries d'observations de Genève et de Rolle tenaient au limnimètre de Rolle, j'avais un moyen bien simple et je l'ai employé en faisant le même travail sur les observations d'un autre limnimètre, celui d'Ouchy. Cette comparaison m'a donné un résultat presque identique; voici pour les cinq années 1846 à 1850, les moyennes de *d* entre le limnimètre d'Ouchy auquel j'applique la correction —0^{m}308 donnée dans les notes du bureau vaudois des Ponts-et-chaussées, et le limnimètre du Grand-Quai de Genève d'après les moyennes de M. E. Plantamour :

1846-50.	Moyenne de *d*	1846-50.	Moyenne de *d*
Janvier	— 33^{mm}	Juillet	— 92^{mm}
Février	— 36	Août	— 82
Mars	— 67	Septembre . . .	— 68
Avril	— 60	Octobre	— 47
Mai	— 85	Novembre . . .	— 55
Juin	— 96	Décembre . . .	— 25

Les variations de *d* présentent le même caractère que nous avons vu en comparant les séries Rolle et Genève ; elles sont toutes négatives et beaucoup plus fortes dans les mois d'été que dans les mois d'hiver. La cause de l'anomalie ne réside donc pas dans le limnimètre de Rolle.

Il y a donc une erreur fondamentale. Quelle est-elle ?

Je crois la trouver dans une correction apportée aux observations de Genève pour rendre comparables les lectures faites avant 1862 au limnimètre du Grand-Quai à celles faites depuis 1867 au limnimètre actuel du Jardin-Anglais. Lorsqu'il s'est agi de comparer les observations faites aux différents limnimètres qui se sont succédé dans le port de Genève, M. Plantamour a reconnu qu'il y avait une pente sensible de l'un à l'autre, qu'il y avait entr'autres une pente appréciable entre le nouveau limnimètre du Jardin-Anglais et celui qui avait été provisoirement établi de 1862 à 1867 à l'angle S.-E. de l'île Rousseau; il a reconnu que cette pente était variable et il a, dans le tableau de la page 13 de sa notice, déterminé pour chaque mois, d'après les observations des années 1864 à 1867, la correction à appliquer aux lectures du limnimètre de l'île Rousseau pour les transformer en hauteurs du limnimètre du Jardin-Anglais; il a enfin constaté que l'ancien limnimètre du Grand-Quai était, au point de vue du courant, dans des conditions très analogues à celles du limnimètre de l'île Rousseau. D'après cela, pour comparer le limnimètre du Grand-Quai à celui du Jardin-Anglais, il a appliqué aux lectures du premier la correction variable qu'il avait trouvée valable pour le limnimètre de l'île Rousseau.

Les chiffres du tableau de la page 20 de la notice Plantamour, qui représentent les moyennes mensuelles et annuelles de la hauteur du lac dans le port de Genève, sont donc pour les années 1846 à 1850, qui nous occupent, calculés de la manière suivante : la lecture faite au limnimètre du Grand-Quai reçoit la correction fixe de l'équation du limnimètre ($+ 0^{m}225$), puis la correction variable avec le mois de l'année qui doit supprimer l'effet de la pente de l'eau dans l'intérieur du port et rendre la lecture comparable à celle faite au limnimètre du Jardin-Anglais.

Mais cette opération suppose que la pente de l'eau observée de 1864 à 1867 existait déjà de 1846 à 1850 et avait alors la même intensité qu'à présent. Or, nous avons vu dans une étude précédente (§ IV, Ire série) que cette pente de la sortie du lac avait varié, qu'en particulier avant 1853 elle était beaucoup plus faible qu'actuellement et était presque nulle.

Appliquons cette donnée à la comparaison qui nous occupe. Enlevons la valeur de la correction variable appliquée aux chiffres du limnimètre du Grand-Quai de Genève, rétablissons la valeur primitive des observations faites dans le port de Genève avant la correction. Cela revient à diminuer les moyennes mensuelles de Genève de 32mm pour les observations de janvier, 45mm pour celles de février, etc.

Si nous faisons cette opération, les valeurs *d* de notre tableau XIII se transforment comme suit : dans la première colonne je donne la valeur *d* obtenue au tableau XIII en faisant la différence entre les moyennes de Rolle et celles de Genève d'après les calculs de M. Plantamour ; dans la seconde colonne je donne la valeur C de la correction appliquée aux observations du limnimètre du Grand-Quai pour les rendre comparables à celles du limnimètre du Jardin-Anglais ; dans la troisième colonne je donne la valeur de *d* modifiée en supprimant la correction C.

1846-1850	*d* (tableau XIII)	C.	*d* modifié.
	mm	mm	mm
Janvier . . .	— 26	+ 32	+ 6
Février . . .	— 38	+ 45	+ 7
Mars	— 53	+ 61	+ 8
Avril	— 62	+ 69	+ 7
Mai	— 83	+ 76	— 7
Juin	— 87	+ 85	— 2
Juillet	— 89	+ 88	— 1
Août	— 77	+ 81	+ 4
Septembre . .	— 68	+ 75	+ 7
Octobre . . .	— 60	+ 72	+ 12
Novembre . .	— 59	+ 60	+ 1
Décembre . .	— 27	+ 40	+ 13

La valeur d modifiée de la troisième colonne représente donc la différence entre les moyennes mensuelles de Rolle et du limnimètre du Grand-Quai, ces moyennes n'ayant pas reçu d'autre correction que celle de l'équation des instruments. Ces valeurs ont repris des grandeurs et des signes normaux ; leur moyenne donne une pente de $+ 4^{mm}$, pente positive cette fois-ci et non inverse comme dans le tableau précédent; les écarts de ces valeurs restent aussi dans les limites d'exactitude d'observations de cette nature.

Il y a bien encore certaines variations dans la valeur de d qui, au lieu d'être plus forte dans la saison des hautes eaux que dans celle des basses eaux, reste négative en été et est positive en hiver; je ne sais à quoi attribuer cette erreur. Mais je constate que l'écart, qui était dans mon tableau XIII de 63^{mm} entre les extrêmes de d, a été réduit à 20^{mm}; que par conséquent si je n'ai pas entièrement corrigé l'erreur qui séparait les deux séries de chiffres, tout au moins en ai-je atténué l'importance.

Je crois donc être suffisamment fondé à conclure qu'il n'y a pas lieu, pour la période 1846 à 1850, d'appliquer aux lectures du limnimètre du Grand-Quai la même correction qui était nécessaire de 1864 à 1867; que par conséquent avant 1850 la pente dans l'intérieur du port était moins forte qu'elle l'est depuis 1864; qu'elle était nulle ou presque nulle.

Si je remonte dans l'histoire du port de Genève, je trouve qu'entre ces deux périodes est intervenu un événement important, qui, d'après d'autres considérations, a causé une aggravation considérable de la pente de la sortie du lac, à savoir la construction des jetées du port de Genève. Je suis donc confirmé dans les conclusions tirées précédemment qui attribuent à ces jetées la pente de la sortie du lac, pente variable, et dont la valeur peut atteindre, aux hautes eaux, 8 à 9 centimètres.

Je suis encouragé dans cette opinion par un fait qui, dès le début de ces études, m'a d'abord beaucoup inquiété, et qui corrobore entièrement les résultats auxquels j'arrive actuellement.

M. le colonel F. Burnier a présenté à la Société vaudoise des sciences naturelles, réunie à Morges le 22 juin 1854, un travail de comparaison sur les limnimètres du lac d'après les observations des années 1843 à 1853[1]. Il a comparé entr'autres les divers limnimètres du lac, ceux de Vevey, Ouchy, Morges, Rolle, Nyon et Coppet avec celui de Genève (Grand-Quai), et a déterminé l'équation de ces appareils. Il a « supposé que la surface du lac était en moyenne de niveau ; il a choisi des périodes de dix jours consécutifs dans les conditions les plus favorables à cette supposition[2]. La moyenne du limnimètre de Genève donnait la cote moyenne du lac pour les dix jours ; enfin les moyennes de ces mêmes dix jours à chaque limnimètre, comparées à cette cote, donnaient les corrections cherchées. Il a fait huit ou dix comparaisons semblables par année, puis la moyenne de chaque année, et enfin la moyenne de ces moyennes. »

Or, en faisant ce travail, M. Burnier n'a pas remarqué traces de différences dans la correction entre les mois d'été et les mois d'hiver ; rien n'est venu l'arrêter dans sa supposition que « le lac est en moyenne de niveau. » Non-seulement il n'en parle pas dans son mémoire, mais il a pu me le répéter directement et lorsque je lui ai communiqué mes recherches sur la pente du lac, il a été fort étonné du résultat auquel j'arrivais. Est-il possible d'admettre qu'une différence que nous avons vu varier de 1 à 9 centimètres, et qui saute aux yeux dès les premiers calculs, ait échappé à un travail consciencieux d'un observateur expert et compétent ? Est-il admissible que si la pente que nous constatons aujourd'hui avait existé avec la même intensité et les mêmes caractères de variabilité de 1843 à 1853, elle ne se soit pas révélée aux calculs de M. Burnier ? Il est évident pour moi que la chose n'est pas possible et que si M. Burnier n'a pas été troublé par cette pente variable, c'est que cette pente n'existait pas, ou du moins qu'elle était très faible et presque nulle.

---

[1] *F. Burnier*. Sur les limnimètres du lac Léman. Bull. Soc. vaud. sc. nat. IV, 149.

[2] J'ai retrouvé dans les carnets d'observations limnimétriques, conservés au bureau des Ponts-et-Chaussées de Lausanne, les traces de ces calculs, et j'ai vu que les séries de dix jours qui avaient servi aux comparaisons de M. Burnier étaient toujours des périodes de grand calme, avec un lac presque immobile, sans variations considérables de hauteur du commencement à la fin de la série.

Ces périodes de grand calme et de lac sans variation de hauteur étant plus fréquentes en hiver qu'en été, on aurait pu craindre que M. Burnier n'ait été entraîné à prendre ses périodes de comparaison seulement dans la saison des basses eaux. Mais il n'a pas commis cette faute et j'ai constaté que ses séries de 10 jours étaient très régulièrement distribuées dans les diverses saisons de l'année. Voici, par exemple, les mois où j'ai retrouvé des traces de ses calculs pendant l'année 1846 : janvier, avril, mai, juillet, août, octobre et novembre.

Cette pente était-elle nulle? Non. Elle existait et devait même avoir une certaine valeur. En effet, le courant du Rhône était, comme chacun s'en souvient, déjà assez sensible, autrefois comme aujourd'hui, sur le banc du Travers, et il y avait un courant très visible entre les rangées des pilotis des estacades de l'ancien port. Ce courant était la preuve indiscutable d'une pente appréciable.

Quelle était la valeur de cette pente? Je ne puis me hasarder à la donner, n'ayant pas encore trouvé les éléments du calcul nécessaire pour la déterminer. Tout ce que je puis dire, c'est qu'elle était certainement beaucoup plus faible qu'aujourd'hui et qu'elle restait probablement dans les limites des écarts et des erreurs des observations limnimétriques ordinaires; qu'elle ne peut, par conséquent, pas être trouvée par la comparaison directe des observations limnimétriques du lac.

Je conclurai enfin de l'étude comparative que je viens de faire des observations Genève-Rolle, 1846-1850, qu'il y a probablement lieu, pour obtenir la hauteur absolue du lac, si l'on veut, pour les années antérieures à 1853, utiliser les moyennes mensuelles et annuelles de la hauteur du port de Genève calculées par M. E. Plantamour, de leur appliquer une correction.

Il faudrait retrancher des moyennes mensuelles la correction variable C du tableau de la page 13 de la notice de M. Plantamour (voir deuxième colonne du tableau de la page 16 de ce paragraphe), et retrancher des moyennes annuelles la valeur de 65^{mm}, moyenne des corrections mensuelles C. Il faudrait enfin remplacer ces corrections évidemment trop fortes par une correction beaucoup plus faible qui n'est pas encore déterminée.

En combinant cette conclusion avec celles que j'ai déjà tirées dans mes recherches précédentes (§§ II et IV, I^{re} série), je résumerai ces études en disant que si l'on veut utiliser les observations du port de Genève et les moyennes calculées par M. E. Plantamour pour en tirer les hauteurs absolues du lac lui-même dans les années écoulées (et l'on n'a jusqu'à présent rien de meilleur et aucune série dont les corrections aient été étudiées avec plus de soin, plus d'attention et plus de précision), il y a lieu d'apporter à ces moyennes les corrections suivantes :

a) Avant 1853, retrancher des moyennes mensuelles de Genève une valeur variable suivant le mois de l'année que j'estime approximativement de 2 à 6 centimètres, ou retrancher des moyennes annuelles une valeur fixe de 4 centimètres[1].

b) Après 1855, ajouter aux moyennes mensuelles du port de Genève une valeur variable d'au moins 1 centimètre en hiver et 10 centimètres en été (voir mon tableau I, § IV, I^{re} série).

c) Cette dernière correction devait avoir une valeur notablement plus forte, de près du double, dans les années qui ont suivi la construction des jetées du port de Genève.

---

[1] J'arrive à ces chiffres de la manière suivante : la correction C, qui a été ajoutée aux observations du limnimètre du Grand-Quai pour supprimer l'effet de la pente dans l'intérieur du port, supposée exister avant 1853 comme dans la période 1864-1867, a une valeur de 32 à 88^{mm} suivant le mois, ou une valeur annuelle de 65^{mm}; je retranche cette valeur et je la remplace par une valeur de 2 centimètres, valeur à laquelle j'estime approximativement, sans pouvoir justifier autrement cette évaluation, la pente réelle, variable aussi, cela va sans dire, qui existait entre le lac lui-même et le limnimètre du Grand-Quai.

§ XXI. — Limnimétrie de l'année 1877.

Je donne dans le tableau XVI et dans la planche IV les hauteurs journalières *(h)* et la courbe du niveau du lac pendant les 365 jours de l'année 1877. Les valeurs ont été mesurées d'après les tracés du limnimètre enregistreur de Morges, à l'exception de 39 jours, du 18 octobre au 25 novembre, pendant lesquels mon appareil ne fonctionnant plus, par suite de la baisse des eaux, je me suis adressé aux indications données par le limnimètre de M. Ph. Plantamour, à Sécheron près Genève.

De l'étude de ces valeurs je tire les remarques et observations suivantes :

A. *Etude générale de la courbe.* Si dans la planche IV j'étudie la courbe limnimétrique de l'année 1877, et si je la compare à la ligne normale NN, calculée d'après les moyennes mensuelles de 25 années (1851-1875), je vois la courbe commencer en janvier par être très sensiblement élevée au-dessus de la normale, 35 centimètres environ. Les beaux jours de janvier la font descendre jusqu'au 12 février et un premier minimum d'hiver est atteint avec la cote $1^{m}.320$. De grandes pluies font remonter le lac, qui atteint $1^{m}.560$ le 22 février. Puis viennent les froids du mois de mars, qui font redescendre l'eau le 29 mars à la même cote de $1^{m}.320$ déjà atteinte en février. La fonte des neiges basses et les premières pluies du printemps relèvent un peu le lac pendant le mois d'avril. Puis les fortes pluies du commencement de mai le font subitement remonter, du 4 au 20 mai, de $1^{m}.456$ à $1^{m}.784$. Vient ensuite une courte période de décrue qui ramène le lac à $1^{m}.711$ le 29 mai.

A ce moment commence la grande crue de l'été, qui se fait avec une intensité sans exemple depuis l'année 1846. Le 29 mai le lac était à $1^{m}.711$, le 19 juin il atteignait $2^{m}.653$, ayant ainsi monté en 21 jours de 0^{m}.942, soit de 45^{mm} par jour.

A partir du 19 juin, le lac s'est maintenu à la hauteur des eaux d'inondation en présentant une série de maximums de plus en plus élevés[1].

	m.
Le 25 juin	2.718.
4 juillet	2.717.
8 »	2.741.
18 »	2.744.
21 »	2.746.
26 »	2.761.

Le maximum de l'année a été le 26 juillet par 2^{m}.761 ; le lac s'est mis à décroître avec une assez grande vitesse, tellement que le 19 août il était revenu à 2^{m}.403.

Mais à ce moment sont survenues les pluies diluviennes qui ont fait grossir le Rhône, comme on ne l'avait pas vu en Valais depuis 1818. Elles ont jeté dans le lac quelque 200 millions de mètres cubes d'eau et ont fait remonter son niveau à 2m.622, le 27 août[1].

---

[1] Ce fait est intéressant, car ces allures du lac Léman ont à cette occasion différé absolument de celles des autres lacs alpins. Comme le lac Léman, les autres lacs du nord des Alpes (lacs de Brienz, de Thun, lac des Quatre-Cantons, lac de Walenstadt, lac de Constanz), sous l'influence du Föhn et de grandes fontes de neiges, avaient eu une crue rapide et très intense au commencement de juin. Mais les circonstances de l'été étant redevenues normales, ils n'ont pas tardé à décroître, et du 15 au 25 juin, ils se sont tous mis en baisse rapide, de telle manière que les orages du commencement de juillet qui faisaient gonfler les affluents relevaient bien un peu le niveau de ces lacs, mais d'une manière peu dangereuse et peu inquiétante. Il en a été autrement pour notre lac. Au lieu de descendre rapidement dès le 25 juin, il s'est bien mis à baisser, mais très lentement, et lorsque les orages des premiers jours de juillet sont survenus, il n'était pas assez bas pour emmagasiner le supplément d'eau qui arrivait ; il a donc présenté un second maximum le 4 juillet, puis un troisième le 8, et ainsi de suite. Entre ces différentes crues le lac n'avait pas le temps de se vider, et le maximum suivant dépassait toujours le précédent.

De là la série de maximums qui ont fait de ces hautes eaux de 1877 une inondation désastreuse et fatale aussi bien par la hauteur atteinte par les eaux que par la durée de l'inondation.

Je vois là une des preuves les plus convaincantes de l'insuffisance notoire des débouchés du lac à son écoulement dans le Rhône.

A partir de ce moment, la grande décrue de l'automne s'est précipitée avec une rapidité énorme : le 27 septembre la courbe est descendue en dessous de la ligne des normales NN, et le 25-28 octobre, des minimums de 1m.218 ont été atteints.

A la fin de novembre, les pluies de l'hiver ont fait remonter le lac à 1m.446 (10 décembre) et depuis lors il s'est maintenu à cette hauteur assez supérieure à la ligne normale.

Si, reprenant en arrière l'automne 1876, je cherche les époques des maximums et des minimums, je les établirai comme suit en tenant compte des deux anomalies de retour de froid à la fin de mars et de pluies diluviennes vers le 20 août.

		m.
Minimum d'automne 1876,	11 novembre	1.287.
Maximum » »	11 décembre	1.535.
1er minimum d'hiver 1877,	12 février	1.320.
1er maximum de printemps,	22 »	1.560.
2me minimum d'hiver,	29 mars	1.320.
2me maximum de printemps,	20 mai	1.784.
Minimum »	29 »	1.711.
1er maximum d'été,	25 juillet	2.761.
1er minimum d'automne,	19 août	2.403.
2me maximum d'été,	27 »	2.622.
2me minimum d'automne,	25-28 octobre	1.218.
Maximum d'automne,	10 décembre	1.446.

D'après les circonstances météorologiques de l'année, j'estime pour cette année 1877 :

Le commencement de la grande crue d'été . 30 mai.
La fin » » » . 28 juillet.

---

[1] Si ces orages étaient survenus au mois de juillet alors que les eaux dépassaient 2m.7, nous aurions eu à enregistrer une inondation qui aurait laissé bien loin derrière elle celles de 1816, 1817 et même 1792.

Le lac a été au-dessous de la normale (des 25 dernières années) pendant 58 jours, à savoir :

Septembre. . . .	3	jours.
Octobre.	31	»
Novembre. . . .	24	»

Pendant le reste de l'année, soit 307 jours, il a été plus élevé que la hauteur normale.

B. *Moyennes mensuelles.* Je donne dans la 1re colonne du tableau XIV les moyennes mensuelles de l'année 1877 ; dans la 2^{me} colonne, la moyenne normale calculée d'après les vingt-cinq années 1851-1875; enfin dans la 3^{me} colonne la différence en plus ou en moins des chiffres des deux premières colonnes.

Tableau XIV.

Moyennes mensuelles de l'année 1877.

	1877 m.	Normale 1851-1875 m.	Différence mm
Janvier . . .	1.452	1.076	+ 376
Février . . .	1.446	1.062	+ 384
Mars	1.392	1.047	+ 345
Avril. . . .	1.437	1.154	+ 283
Mai	1.660	1.328	+ 332
Juin	2.437	1.700	+ 737
Juillet . . .	2.716	2.064	+ 652
Août. . . .	2.534	2.205	+ 329
Septembre. .	2.178	1.943	+ 235
Octobre. . .	1.357	1.525	— 168
Novembre . .	1.255	1.297	— 42
Décembre . .	1.404	1.213	+ 191

D'après ces chiffres, le lac a été au-dessus de la normale pendant tous les mois de l'année, sauf en octobre et en novembre. C'est au mois de juin que l'écart a été le plus fort, par 737 millimètres. Sous ce rapport, on peut pour l'année 1877 établir comme suit la série des mois, en les ordonnant d'après leur hauteur relative au-dessus de la moyenne : juin, juillet, février, janvier, mars, mai, août, avril, septembre, décembre, novembre et octobre.

C. *Moyenne annuelle.* En prenant la moyenne arithmétique des douze moyennes mensuelles, je trouve pour l'année 1877 une hauteur moyenne de $1^{m}.772$.

Ce chiffre est de 304^{mm} supérieur à la moyenne des 25 années 1851-1875 ($1^{m}.468$).

Ce chiffre est de 100^{mm} plus élevé que la moyenne de l'année précédente 1876.

Dans les 26 dernières années 1851-1876, une seule année est supérieure à 1877 au point de vue de la moyenne annuelle, c'est 1867, qui a atteint une hauteur moyenne de $1^{m}.777$. Les 25 autres années lui sont inférieures.

D. *Maximum et minimum absolus.* Le minimum de l'année a été atteint le 9 novembre 1877 par $1^{m}.211$.

Mais si je tiens compte de ce que les mois d'automne appartiennent à la période des basses eaux de l'année suivante, dans le cas actuel à l'hiver 1877-1878, je dois chercher le minimum de l'année dans l'hiver qui a précédé la crue estivale de 1877.

Je trouve pour minimum dans l'année 1877 le 12 février et le 29 mars par $1^{m}.320$.

Mais si je fais rentrer, comme je le dois, les derniers mois de 1876 dans la période des basses eaux 1876-1877, je trouve comme minimum dans ces basses eaux le 11 novembre 1876, $1^{m}.287$.

Le minimum de l'année 1877 doit donc être fixé au 11 novembre 1876 par . . . . $1^{m}.287$.

Le maximum de l'année 1877 a eu lieu le 26 juillet par . . . . $2^{m}.761$.

Différence entre les extrêmes . . . . $1^{m}.474$, ce qui représente un excès de l'entrée sur la sortie de 852 millions de mètres cubes.

Entre le maximum de l'été de 1876 . . . . $2^{m}.661$,
et le minimum de l'hiver 1876-1877 . . . . $1^{m}.287$,
il y a une différence de . . . . $1^{m}.374$,
représentant un excès de la sortie sur l'entrée de 794 millions de mètres cubes.

En utilisant les chiffres de l'année précédente, j'ai :

du min. d'hiv. au max. d'été 1876	excès d'entrée	991	mil. de m. c.
du max. d'été au min. d'hiv. 1877	» de sortie	794	»
du min. d'hiv. au max. d'été 1877	» d'entrée	852	»

D'après les chiffres de M. E. Plantamour, les dates moyennes seraient :

Pour le minimum . .	22 février.
Pour le maximum. .	3 août.

Cette année, le minimum ayant eu lieu le 11 novembre, est donc en avance de 101 jours ; le maximum ayant eu lieu le 26 juillet est en avance de 8 jours.

Dans les 26 dernières années, le maximum de $2^{m}.761$ n'a jamais été dépassé.

Dans les années précédentes, toutes réserves étant faites sur l'exactitude des anciennes cotes, il a été dépassé :

		m.
En 1792,	avec la cote,	2.95.
Le 16 juillet 1817,	»	2.93.
Le 26 août 1816,	»	2.90.
Le 17 juillet 1846,	»	2.795.

Le maximum de 1877 est de 419 millimètres plus élevé que la moyenne des maximums de la période 1851-1875 ($1^{m}.342$).

Le minimum absolu de 1876-1877, soit $1^{m}.287$, est de 371^{mm} plus élevé que la cote $0^{m}.916$, moyenne des minimums de 1851-1875.

Dans les 26 dernières années le minimum n'a jamais été aussi élevé ; l'année 1867 qui s'en rapproche le plus a eu pour minimum $1^{m}.275$.

E. *Durée des hautes eaux.* Les hautes eaux ont été non-seulement exceptionnellement élevées, elles ont duré exceptionnellement longtemps. L'année dernière déjà, j'avais constaté que la durée de l'inondation avait dépassé tout ce que nous avions eu dans les années précédentes. 1877 laisse sous ce rapport l'année 1876 bien en arrière.

Je donne dans le tableau suivant le nombre de jours pendant lequel dans les deux années 1876 à 1877 le lac a été au-dessus de la cote indiquée.

Tableau XV.

Durée des très hautes eaux en 1876 et 1877.

Cote. m.	1876 Jours.	1877 Jours.	Cote. m.	1876 Jours.	1877 Jours.
2.76	—	1	2.66	1	43
2.75	—	1	2.65	1	44
2.74	—	9	2.64	5	45
2.73	—	13	2.63	12	46
2.72	—	16	2.62	15	48
2.71	—	20	2.61	21	49
2.70	—	24	2.60	30	54
2.69	—	28	2.55	48	62
2.68	—	32	2.50	53	1
2.67	—	38			

E. *Répartition proportionnelle des hauteurs d'eau.* Durant l'année 1877, le lac s'est maintenu dans le décimètre au-dessus de la cote indiquée, pendant :

Cote. m.	Jours.	Cote. m.	Jours.
2.7	24	1.9	5
2.6	30	1.8	3
2.5	17	1.7	20
2.4	16	1.6	5
2.3	8	1.5	30
2.2	6	1.4	84
2.1	4	1.3	67
2.0	6	1.2	40

Si je réunis ces chiffres par hauteur de 50 centimètres, je puis les comparer à la moyenne des six dernières années 1871-1876.

	Cotes.			Moyenne de 6 ans	1877	Différence.
	m.		m.	Jours.	Jours.	Jours.
Très hautes eaux .	2.5	à	3.0	19	71	+ 52
Hautes eaux. . .	2.0	à	2.5	73	40	— 33
Eaux moyennes .	1.5	à	2.0	105	63	— 42
Basses eaux . . .	1.0	à	1.5	142	191	+ 49
Très basses eaux .	0.5	à	1.0	26	0	— 26

Ce qui signifie qu'en 1877 le lac a été relativement pendant trop longtemps dans les très hautes eaux et dans les eaux basses et trop peu longtemps dans les eaux hautes, moyennes et très basses.

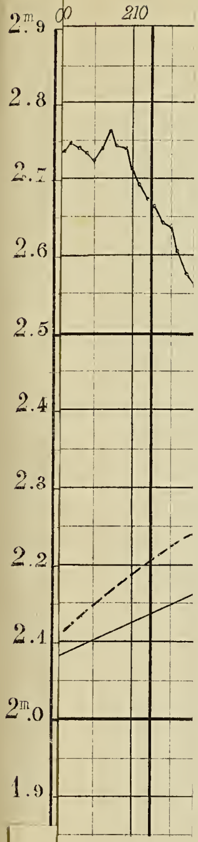
* * *

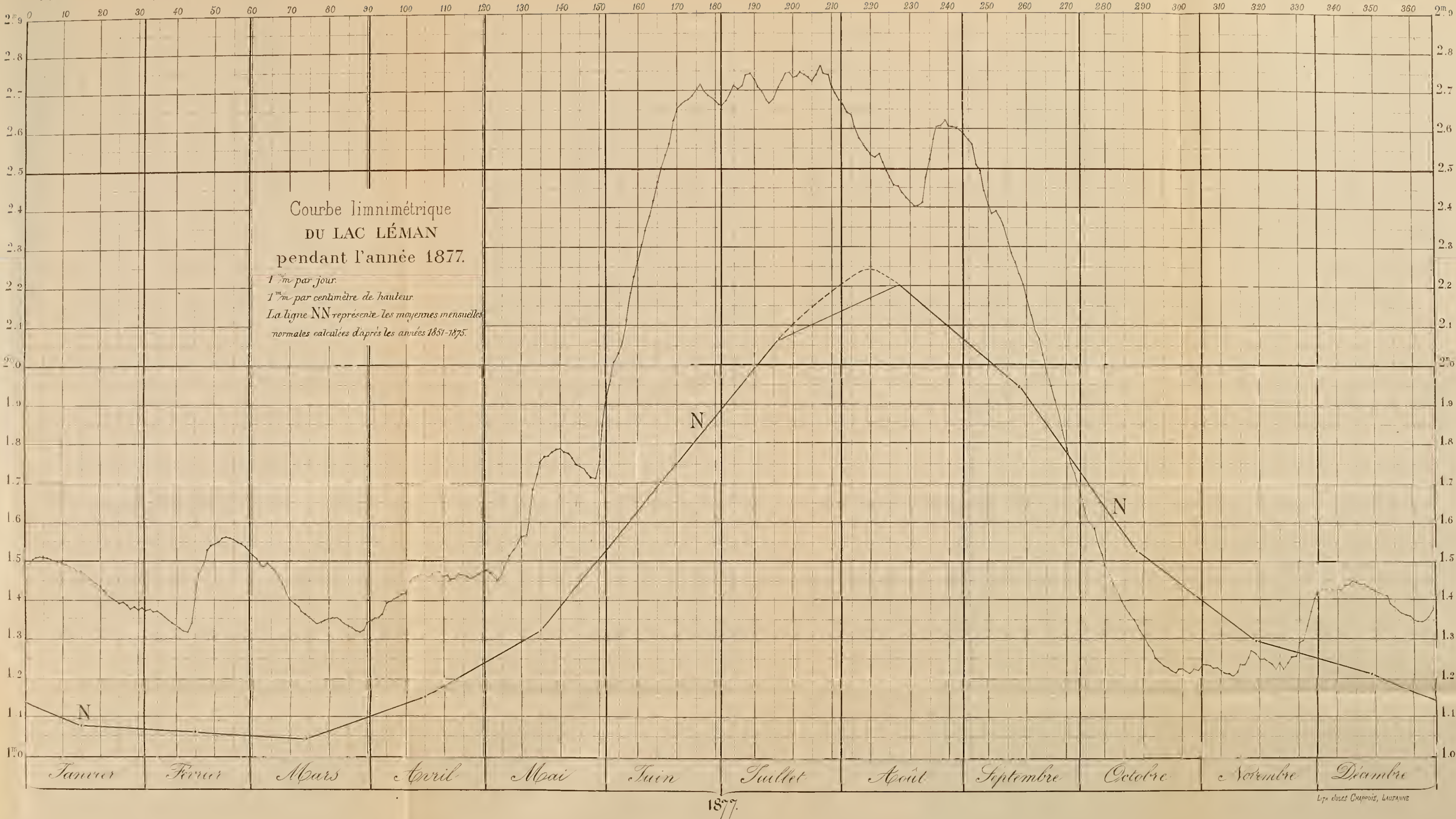
	eptembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	h	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*
	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm
1	587	— 5	1.659	— 1	1.239		1.419	+ 7
2	76	— 5	29	+ 8	36		28	— 6
3	63	+ 26	1.599	0	33		28	— 12
4	10	— 2	83	+ 4	28		30	— 1
5	493	+ 7	43	— 15	28		28	— 4
6	44	— 14	19	— 66	21		30	+ 5
7	15	+ 8	1.487	— 58	17		27	0
8	.389	+ 17	64	— 13	13		39	+ 6
9	90		42	— 75	11		41	— 13
10	71		21	— 24	20		46	+ 1
11	54	+ 3	00	— 5	38		43	+ 2
12	18	— 2	1.389	+ 6	38		40	+ 3
13	.282	— 4	70	+ 3	56		40	+ 5
14	61	+ 5	52	— 4	70		35	+ 1
15	30	+ 1	38	+ 17	63		24	— 26
16	02	— 8	25	+ 8	50		22	0
17	.170	— 32	08	— 2	52		19	— 1
18	23	— 34	1.289		45		14	0
19	.090	— 16	74		38		11	— 9
20	66	+ 10	52		27		1.388	— 91
21	24	+ 11	43		40		83	— 22
22	.989	— 9	34		27		74	— 6
23	47	— 24	27		40		67	+ 1
24	10	— 7	21		56		63	+ 7
25	.872	0	18		59		58	+ 4
26	33	— 22	25		90	+ 5	52	+ 20
27	.787	— 13	29		1.300	+ 8	46	+ 11
28	47	— 15	20		36	+ 11	47	+ 3
29	24	+ 2	18		71	+ 1	50	+ 5
30	.691	0	26		1.402	+ 4	59	0
31			25				77	+ 2

Tableau XVI

Année limnimétrique 1877. Observations de Morges (et de Sécheron [⌇])

	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
	h	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*	*h*	*d*
	m		m		m		m		m		m		m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm
1	1.489		1.376		1.518		1.350		1.474		1.918		2.664		2.664	+ 17	2.587	— 5	1.659	— 1	1.239		1.419	+ 7
2	1.503		75		05		57		68		78		76		43	0	76	— 5	29	+ 8	36		28	— 6
3	08		73		1.496		58		62		2.009		93		39	— 1	63	+ 26	1.599	0	33		28	— 12
4	09		72		85		67		56		31		2.717		10	— 19	10	— 2	83	+ 4	28		30	— 1
5	08		66		95		92		70		57		05		2.578	— 13	2.493	+ 7	43	— 15	28		28	— 4
6	07		57		81		98		87		2.119		13		62	— 9	44	— 14	19	— 66	21		30	+ 5
7	04		48		75		1.407		1.515		83		39		47	— 3	15	+ 8	1.487	— 58	17		27	0
8	00		41		59		10		30		2 229		41		35	— 2	2.389	+ 17	64	— 13	13		39	+ 6
9	1.497		34		41		15		49		66		28		30	+ 4	90		42	— 75	11		41	— 13
10	92		28		17		18		61		2.306		08	— 9	37	+ 5	71		21	— 24	20		46	+ 1
11	91		22		05		49		68		41		2.697	+ 4	18	— 4	54	+ 3	00	— 5	38		43	+ 2
12	88		20		1.390		60		1.609		79		73	— 10	2.492	— 5	18	— 2	1.389	+ 6	38		40	+ 3
13	81		44		74		61		85		2.420		69	+ 12	75	— 5	2.282	— 4	70	+ 3	56		40	+ 5
14	79		1.418		73		63		1.721		67		80	+ 15	59	— 3	61	+ 5	52	— 4	70		35	+ 1
15	75		69		68		62		52		2.501		2.708	+ 18	57	+ 16	30	+ 1	38	+ 17	63		24	— 26
16	67		94		59		60		69		35		23	+ 8	40	— 12	02	— 8	25	+ 8	50		22	0
17	60		1.528		48		68		70		67		43	+ 31	23	+ 1	2.170	— 32	08	— 2	52		19	— 1
18	51		38		40		74		78		2.621	+ 6	44	+ 11	15	+ 7	23	— 34	1.289		45		14	0
19	42		42		46		71		81		53	+ 18	32	+ 7	03	— 9	2.090	— 16	74		38		11	— 9
20	38		49		50		61		84		66	— 9	35	+ 2	03	— 7	66	+ 10	52		27		1.388	— 91
21	23		58		51		61		78		74	+ 24	46	— 5	14	+ 10	24	+ 11	43		40		83	— 22
22	12		60		52		54		72		79	+ 19	40	— 14	78	+ 6	1.989	— 9	34		27		74	— 6
23	08		58		55		56		61		88	+ 23	35	— 6	2.521	+ 4	47	— 24	27		40		67	+ 1
24	00		54		50		67		47		2.709	+ 23	25	— 3	76	— 9	10	— 7	21		56		63	+ 7
25	1.391		48		38		65		40		18	+ 3	42	0	2.605	— 9	1.872	0	18		59		58	+ 4
26	93		42		39		61		33		2.697	— 8	61	+ 6	08	+ 25	33	— 22	25		90	+ 5	52	+ 20
27	82		38		32		57		24		88	+ 3	43	— 11	22	+ 17	1.787	— 13	29		1.300	+ 8	46	+ 11
28	78		27		27		61		15		81	+ 6	41	+ 7	08	— 14	47	— 15	20		36	+ 11	47	+ 3
29	80				20		68		11		73	— 7	15	— 11	03	+ 1	24	+ 2	18		71	+ 1	50	+ 5
30	76				24		71		51		63		2.692	— 12	01	+ 4	1.691	0	26		1.402	+ 4	59	0
31	79				44				1.846				71	— 9	2.593	+ 5			25				77	+ 2


00
210
2.ᵐ9
2.8
2.7
2.6
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2ᵐ.0
1.9



Courbe limnimétrique
DU LAC LÉMAN
pendant l'année 1877.

1 m/m par jour.
1 m/m par centimètre de hauteur.
La ligne NN représente les moyennes mensuelles normales calculées d'après les années 1851-1875.

Lith. Jules Chappuis, Lausanne

NOTE

SUR

un phénomène acoustique que présente l'église de Bex,

par M. Ch. **DUFOUR**, professeur.

Pendant la dernière session de la Société helvétique des sciences naturelles à Bex, j'ai eu l'occasion d'observer un fait remarquable de réflexion du son que présente l'église de cette localité.

L'intérieur du bâtiment a la forme d'un rectangle dont l'un des petits côtés est remplacé par une partie arrondie. La chaire est à peu près au milieu de l'un des grands côtés du rectangle. Les personnes placées en face de la chaire entendent fort mal un orateur placé au pied de celle-ci un peu à droite; c'était la place que M. Lébert occupait lorsqu'il a lu sa notice biographique sur Charpentier et Thomas. Mais un auditeur placé à 2 ou 3 mètres du milieu de la partie arrondie, du côté de la porte, entend au contraire avec une remarquable netteté les moindres paroles prononcées au pied de la chaire.

Pendant la session de la Société helvétique, je me suis souvent placé en cet endroit pour écouter des communications que je n'aurais pas entendues ailleurs. Une fois le point signalé plusieurs membres de la Société y sont venus et en ont profité quand l'orateur parlait à l'endroit convenable.

Cette puissante réflexion des ondes sonores a même donné lieu à un incident assez curieux. Le dernier jour un de mes collègues vint m'y parler à voix si basse qu'en tout autre circonstance il n'aurait pas été entendu; mais le bruit qui en résultait dérangeait à un tel degré M. Forel, alors à la tribune, que M. le président dut prier mon interlocuteur de cesser sa conversation.

Dans les ouvrages de physique, on cite une partie de la coupole de l'église de St-Paul, à Londres, et une des salles du conservatoire des arts et métiers à Paris, où les surfaces sont tellement disposées, que pour certains points déterminés elles réfléchissent les ondes sonores d'une manière étonnante. En visitant ces deux édifices j'ai pu juger de l'intensité de ces phénomènes; mais ce qui se passe dans l'église de Bex est encore plus remarquable. Certainement cette église peut être citée comme une des localités du monde qui présente au plus haut degré la concentration des ondes sonores en un point déterminé.

* * *

LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS

RUE HALDIMAND, 4, LAUSANNE

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Format in-8.

AGASSIZ. **De l'espèce et des classifications**, traduit de l'anglais par M. Vogeli. 1 vol. . . . . 5 fr.

STUART MILL. **La philosophie de Hamilton**, traduit de l'anglais par M. Cazelles. 1 fort. vol . . . . 10 fr.

STUART MILL. **Mes mémoires**. Histoire de ma vie et de mes idées, traduit de l'anglais par M. E. Cazelles. 1 vol. . 5 fr.

STUART MILL. **Système de logique** déductive et inductive. Exposé des principes de la preuve et des méthodes de recherche scientifique, traduit de l'anglais par M. Louis Peisse. 2 volumes . . . . 20 fr.

STUART MILL. **Essais sur la religion**, traduits de l'anglais, par M. E. Cazelles . . . . 5 fr.

DE QUATREFAGES. **Ch. Darwin et ses précurseurs français**, 1 vol. . . . . 5 fr.

HERBERT SPENCER. **Les premiers principes**. 1 fort vol. traduit de l'anglais par M. Cazelles . . . . 10 fr.

HERBERT SPENCER. **Principes de psychologie**, traduits de l'anglais par Th. Ribot et Espinas. 2 vol. . . . . . 20 fr.

HERBERT SPENCER. **Principes de biologie**, traduits par M. Cazelles. 2 vol. in-8. Tome I, 1 vol . . . . 10 fr.

HERBERT SPENCER. **Essais sur le progrès**, traduits de l'anglais par M. Burdeau. 1 vol. in-8. 1877 . . . . 5 fr.

AUGUSTE LAUGEL. **Les problèmes** (Problèmes de la nature, problèmes de la vie, problèmes de l'âme). 1 fort vol. 7 fr. 50.

EMILE SAIGEY. **Les sciences au XVIII^e siècle**, la physique de Voltaire, 1 vol. . . . . 5 fr.

PAUL JANET. **Histoire de la science politique** dans ses rapports avec la morale, 2^e édition, 2 vol. . . . . . . 20 fr.

PAUL JANET. **Les causes finales**. 1 vol. in-8. . . . 10 fr.

TH. RIBOT. **De l'hérédité**. 1 vol. . . . . 10 fr.

TH. RIBOT. **La psychologie anglaise contemporaine**. 1 vol. 2^e édition. 1875 . . . . 7 fr. 50

HENRI RITTER. **Histoire de la philosophie moderne**, traduction française, précédée d'une introduction par M. P. Challemel-Lacour, 3 vol. . . . . 20 fr.

BAIN. **La logique inductive et déductive**, traduit de l'anglais par M. Compayré. 2 vol . . . . 20 fr.

BAIN. **Des sen[illegible] et de l'intelligence**. 1 vol. traduit de l'anglais par M. Ca[illegible] . . . . 10 fr.

MATTHEW [illegible] **e religieuse**. 1 v. in-8. . 7 fr. 50.

LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS
RUE HALDIMAND, 4, LAUSANNE

BARDOUX. **Les légistes et leur influence sur la société française** 1 vol. in-8. . . . . 5 fr.

HARTMANN (E. de). **La philosophie de l'inconscient**, traduite de l'allemand par M. D. Nolen, avec une préface de l'auteur écrite pour l'édition française. 2 vol. in-8 . . . . . 20 fr.

FLINT. **La philosophie de l'histoire en France**, traduit de l'anglais par M. Ludovic Carrau. 1 vol. in-8 . . . . 7 fr. 50.

Géographie de la Gaule au VI^e siècle, par Auguste LONGNON, grand in-8 avec 11 cartes . . . . 16 fr.

Géographie historique et administrative de la Gaule romaine, par Ernest DESJARDINS. La Conquête, grand in-8 avec planches et figures . . . . 20 fr.

Le droit public de la Confédération suisse, exposé pour le peuple, par J. DUBS, ancien président de la Confédération. in-8. . . . . 4 fr.

Les origines indo-européennes ou Les aryas primitifs, essai de paléontologie linguistique, par Adolphe PICTET. Deuxième édition revue et augmentée. 3 vol. in-8 . . . . 30 fr.

La vie, étude et problème de biologie générale, par le professeur CHAUFFARD, in-8. . . . . 7 fr. 50.

Science expérimentale, par Claude BERNARD, in-12 . . 4 fr.

Leçons sur les phénomènes de la vie, par Claude BERNARD, in-8 . . . . 7 fr.

Théorie des intérêts composés et des annuités, suivie de tables logarithmiques, par Fédor THOMANN. Ouvrage traduit de l'anglais et précédé d'un avertissement par J. BERTRAND. in-8. . . . . 10 fr.

Agenda du chimiste pour 1878, avec préf. de WURTZ. 2 fr. 50.

Précis de médecine judiciaire, par le D^r LACASSAGNE, avec planches et gravures. In-18, relié . . . . 7 fr. 50

Liquéfaction de l'oxygène, par Raoul PICTET. in-8 . 3 fr.

Manuel d'hydrothérapie, par Henri BARDE. In-18 avec grav. relié. . . . . 6 fr.

Traité de la chaleur, considérée dans ses applications, par E. PÉCLET. Quatrième édition publiée par A. HUDELO. 3 v. in-8. . . . . 50 fr.

Chimie médicale et chimie biologique, avec les applications à la médecine légale et à la pharmacie, par H. ENGEL, professeur à Montpellier. In-12, avec 117 gravures . . . 8 fr.

Flore de la Suisse et de la Savoie, par le docteur BOUVIER. in-12 . . . . 10 fr.

Lausanne. — Imp. L. CORBAZ & Comp.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES SCIENCES NATURELLES

2e S. — Vol. XV.

No 80.

Publié, sous la direction du Comité, par M. H. Dufour.

(Avec 7 planches. — Prix 9 fr.)

Contenu : Pages
Auguste Forel. — Études myrmécologiques en 1878 (1re partie) 337
H. Amstein. — Étude élémentaire des courbes planes 393
Ch. Dufour. — Note sur le retrait du glacier du Rhône 474
J.-B. Schnetzler. — Matière colorante des grains de Chlorophylle . . . 476
H. Goll. — Le saumon commun 483
F.-A. Forel. — Faune profonde du Léman (4e série) 497
J. Wetter. — Note sur la Capsella rubella 536
J.-B. Schnetzler. — La matière colorante du Porphyridium cruentum . . 537
C. Dapples. — Observations actinométriques 539
M.-F. Ward. — Observations météorologiques à Rossinières 546
H. Cauderay. — Note posthume 549

PROCÈS-VERBAUX et *Livres reçus*. Nos 6 et 7, de Mai à Juillet . . . 89—127

La table des matières du volume XV paraîtra dans le prochain numéro du Bulletin.

(Chaque auteur est responsable de ses écrits.)

Smithsonian Institution
JUN 15 1927
275763
National

LAUSANNE
LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS, RUE HALDIMAND.

Octobre 1878.

COMITÉ POUR 1878

MM. S. Chavannes, *Président* (rue du Collége),	Lausanne.
J. Larguier, Dr, *Vice-Président* (rue de Bourg),	id.
W. Fraisse, ingénieur (aux Jumelles),	id.
M.-J. Œttli, professeur (place Chauderon),	id.
G. du Plessis, professeur,	Orbe.

BIBLIOTHÈQUE

Montée de St-Laurent, No 22, maison de la Société de consommation, ouverte le Mercredi et le Samedi, de 2 à 6 h. du soir, sauf pendant les séances.

Les membres de la Société qui seraient disposés à se dessaisir, en faveur de la Bibliothèque, de brochures ou d'ouvrages relatifs aux sciences naturelles, sont priés d'adresser leurs dons à M. le Bibliothécaire.

* * *

Bibliothécaire : M. L. Mayor, prof. (Montée St-Laurent, 22.)
Caissier : » Dutoit, banquier (Rue Pépinet).
Editeur du Bulletin: » H. Dufour, prof. (Maupas, 23).

On est prié de s'adresser à la librairie Rouge & Dubois pour la rectification des adresses qui ne seraient pas exactes.

Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles.
Vol. XV. N° 80. 1878.

ÉTUDES MYRMÉCOLOGIQUES EN 1878

(PREMIÈRE PARTIE)

avec l'anatomie du gésier des fourmis

PAR LE

Dr Auguste FOREL
médecin-adjoint de l'asile des aliénés et *Privatdocent* de l'Université à Munich.

Pl. 23.
(Dessins reproduits par la phototypie.)

C'est avec un surcroît considérable de matériaux que je reprends ces études commencées il y a trois ans dans notre Bulletin.

Et tout d'abord je dois à notre infatigable missionnaire et compatriote M. Paul Berthoud encore un second envoi de fourmis provenant de la mission vaudoise de Valdézia, au nord du Transvaal (Afriq. mérid.). Cet envoi, qui renferme une foule de choses intéressantes, m'est arrivé à peu près en bon état, quoique M. Berthoud, injustement poursuivi par les autorités du Transvaal, se trouvât alors dans une situation fort précaire.

Je dois un autre envoi non moins intéressant à notre compatriote M. le Dr Henri Nægeli de Zurich, qui était, lorsqu'il me le fit, médecin à Rio de Janeiro; les fourmis, provenant toutes des environs de cette ville, sont arrivées en parfait état.

Mon ami M. le Dr Denny à New-York, M. S.-H. Scudder à Boston, M. Mc. Cook à Philadelphie, et Mrs. Mary Treat à Vineland (N. Yersey), m'ont en outre envoyé des fourmis de différentes parties des Etats-Unis (New-York, Pennsylvanie,

N. Yersey, N. Hampshire, Connecticut, Colorado, Kansas, Wyoming, Floride, Texas). Quelques fourmis de Cayenne, récoltées par M. Melmon, directeur du Pénitencier, m'ont été cédées par l'obligeance de M. J. Künkel, répétiteur à l'Institut national agronomique, à Paris. A cela il faut ajouter diverses fourmis de provenances variées reçues de divers côtés.

De plus M. Henri de Saussure, à Genève, m'a confié son immense collection de fourmis de toutes les parties du monde qui constitue à elle seule la partie de beaucoup la plus considérable du matériel qui va être étudié. Ces fourmis, surtout américaines, sont malheureusement en grande partie d'une conservation défectueuse, et récoltées depuis trop longtemps. Celles du Mexique, collectionnées par M. de Saussure lui-même, font cependant exception à cet égard. Enfin M. Landolt m'a pareillement confié, pour l'étudier, une charmante collection de fourmis récoltées par lui en Colombie (Nouvelle Grenade); il y a joint quelques notices biologiques.

En remerciant ici toutes ces personnes, ainsi que mes amis MM. Mayr et Emery qui m'ont souvent aidé de leur savoir en contrôlant mes déterminations, j'ajoute que, malgré tout ce qui a été fait jusqu'ici, notre connaissance des fourmis exotiques présente encore d'énormes lacunes. Nous ne possédons qu'une ébauche de ce bel arbre morphologique dont je ne puis essayer ici que de compléter quelques ramilles. Que le zèle de ceux qui sont à même de récolter du matériel puisse donc ne pas se refroidir!

Avant de commencer, je suis obligé d'appeler l'attention des myrmécologistes sur l'importance de certains caractères anatomiques internes dont j'ai déjà fait usage dans mes « Fourmis de la Suisse[1] », et dont l'étude des fourmis exotiques m'a de plus en plus démontré l'importance. Dans un travail sur l'appareil vénénifique des fourmis, publié récemment[2], j'ai été amené à diviser l'ancienne sous-famille *Formicidæ* en deux sous-familles, *Camponotidæ* et *Dolichoderidæ*, correspondant aux divisions α et β de mes « Fourmis de la Suisse ». Les différences profondes et constantes que révèle la structure anatomique et histologique si remarquable de l'appareil vénénifique ayant été traitées à fond dans ce travail, je n'y reviens pas[1]; je dois par contre faire ici l'étude du gésier.

---

[1] Nouveaux mémoires de la Soc. helv. des sciences naturelles, Vol. XXVI. 1874.

[2] Der Giftapparat und die Analdrüsen der Ameisen. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XXX. Suppl. 1878.

Pour abréger je désignerai le soldat, chez les genres qui en ont un, par le signe ♃ (ouvrière ☿, femelle ♀, mâle ♂).

1. — Anatomie du gésier des fourmis.

Le gésier appartient encore à la portion antérieure du canal intestinal des insectes et possède une cuticule interne *(tunica intima)* qui est la continuation directe de celle du jabot, de l'œsophage, du pharynx, de la bouche et de la peau externe. Des plissements et des épaississements très-curieux de cette cuticule, combinés avec des appareils musculaires spéciaux, font du gésier des insectes en général, et de celui des fourmis en particulier, un organe fort singulier en même temps qu'assez compliqué.

---

[1] J'ai retrouvé, il y a peu de jours, un exemplaire sec de la ♀ de l'*Acropyga acutiventris* Roger (de Ceylan, le seul que je possède) que m'avait donné mon ami M. le Dr Mayr, il y a six ans, et que j'avais égaré parmi d'autres fourmis. La dissection de ce vieil exemplaire sec m'a parfaitement réussi après ramollissement préalable dans l'eau. Les parties buccales, le gésier, la vessie à venin et l'aiguillon sont actuellement conservés sous forme de préparation microscopique au baume de Canada. Et cependant, l'insecte, rétabli sur le papier de son épingle après la dissection, a aussi bonne figure qu'avant, sinon meilleure. J'ai déjà disséqué de la sorte plusieurs *unicum* de ma collection, lesquels (à part les extrêmement petits) ont à peine souffert dans leur apparence extérieure. Ceci soit dit pour ceux qui craignent de disséquer les insectes rares ou qui croient que l'on ne peut disséquer que les insectes frais ou à l'alcool. L'appareil vénénifique et le gésier chez l'*Acropyga* sont exactement comme chez le *Plagiolepis pygmæa*, ce qui fixe définitivement la position jusqu'ici discutée de ce genre qui appartient par conséquent aux *Camponotidæ* (vessie à coussinet), et à leur cinquième tribu (calice du gésier réfléchi). Les palpes maxillaires sont de deux articles et les palpes labiaux de trois, comme l'indique Roger.

Pour comprendre les détails de la structure de cet organe, des coupes transversales et longitudinales sont absolument nécessaires, et comme personne n'en avait fait jusqu'ici, les descriptions étaient obscures et incomplètes. Le gésier des fourmis a d'abord été étudié par Ramdohr[1] et par Léon Dufour[2] sans grands détails. Dufour prétend que le gésier se trouve dans le pédicule et le jabot dans le thorax, tandis que tous deux sont en réalité dans l'abdomen. Il croit par là corriger Ramdohr qui avait mieux vu que lui. Meinert[3] qui est si exact et si consciencieux en général, fait une description absolument confuse du gésier. Il prétend que chacune des quatre lamelles est doublée dans sa longueur d'une seconde lamelle réunie à elle par une foule de petits ligaments, ce qui est faux mot pour mot. Tandis que les auteurs précédents ne connaissaient que la forme du gésier représentée à la fig. 1, et celle des Myrmicides et Ponérides (analogue à la fig. 10), j'ai décrit dans mon travail sur les fourmis de la Suisse (l. c. p. 112 et suiv., fig. 19-27, fig. 30 et 34), l'apparence extérieure de plusieurs autres formes du gésier qui existent chez certains genres de fourmis. La description que j'ai donnée du gésier dans ce travail n'entre pas dans les détails histologiques ; elle est en somme exacte, mais incomplète et obscure sur plusieurs points qui, faute de coupes, ne m'étaient pas encore clairs alors; de plus les figures sont en partie inexactes, ce qui vient à certains égards de la lithographie. Une confrontation avec le présent travail et avec les figures ci-jointes suffira du reste pour faire facilement comprendre ce qui doit être corrigé à mes anciennes données: je me dispense donc d'entrer dans plus de détails à ce sujet.

---

[1] Ramdohr : Abhandlungen über die Verdauungswerkzeuge der Insekten, Halle 1811; p. 140, Taf. XIV, fig. 6.

[2] Léon Dufour : Mém. prés. p. div. savants. Tome VII, p. 479, Pl. VII, fig. 87.

[3] Fr. Meinert : Bidrag til de danske Myrers Naturhistorie; dans : kgl. danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, 5 Raekke, nat. og mat. Afd., V Bind. 1860.

Le gésier est continué en avant par le jabot et en arrière par l'estomac. Il se compose de deux portions principales qui sont séparées l'une de l'autre chez certaines fourmis par un tube intestiniforme rétréci (portion moyenne ou cylindrique : *cyl*, fig. 1-8). La portion antérieure ou gésier proprement dit (*s*, *valv*, *b*, fig. 1-11) varie énormément et fournit des caractères génériques de grande valeur, tandis que la partie postérieure (*btn*, fig. 1, 10, 11) ne varie presque pas.

La paroi du gésier se compose des couches suivantes à partir du vide intérieur, *vid. g.* fig. 20 : 1°) cuticule interne (*tunica intima*), *cut. b.*, fig. 20; 2°) matrice de cette cuticule (couche de cellules considérée par les uns comme un épithélium, par d'autres, Leydig par exemple, comme appartenant au tissu conjonctif), *mtr*, fig. 20; 3°) *tunica propria* qui peut faire défaut et qui est fort difficile à distinguer du tissu conjonctif qui entoure les muscles, *prop. g.*, fig. 18; 4°) une couche de muscles longitudinaux avec leur sarcolemme, *m. dil. gig.*, fig. 16, 17; ces muscles ne se trouvent pas partout; 5°) une couche de muscles circulaires (transversaux) avec leur sarcolemme, *m. b.*, fig. 20, *m. s.*, fig. 17; 6°) une enveloppe (péritonéale) plus ou moins nette de tissu conjonctif avec ses trachées.

L'estomac, seul dans tout le tube digestif, n'a pas de cuticule interne. A son extrémité postérieure débouche l'intestin, lequel est de nouveau revêtu d'une *tunica intima* chitineuse qui se continue jusqu'à l'anus où elle se confond avec la peau (cuticule externe).

La *partie moyenne ou cylindrique* du gésier (fig. 1-8, *cyl*), par laquelle nous voulons commencer, a une structure bien simple, ce qui fait que je n'en ai pas figuré la coupe transversale. C'est un simple cylindre très-étroit, à cuticule interne assez mince, transparente, sans plis ni épaississements particuliers. La matrice de cette cuticule est simplement recouverte d'une couche serrée de muscles circulaires striés à fibres assez grossières, moins grossières cependant que celles des autres muscles circulaires du gésier. Extérieurement cette partie cylindrique du gésier paraît déboucher directement dans l'estomac. Il n'en est rien cependant. Seule sa tunique musculaire (*m. b.*, fig. 15) continue directement le fin réseau musculaire de l'estomac (*m. e.*, fig. 15 et fig. 3). Une coupe longitudinale telle que la fig. 15 montre que la cuticule interne de la partie cylindrique du gésier traverse la paroi de l'estomac, accompagnée de sa matrice, et se continue dans une sorte de bouton allongé, lisse et brillant qui proémine dans la cavité de l'estomac (fig. 1, 10, 11 *btn*).

Ce bouton constitue ce que Meinert appelle la *partie postérieure du gésier*. Lorsque la cuticule interne dont nous parlions, et qui, dans le bouton, conserve à peu près sa forme cylindrique et son calibre, est arrivée à l'extrémité de la proéminence, elle se retrousse brusquement et, revenant en arrière, elle constitue l'enveloppe (cuticule) externe du bouton, fig. 15, *cut. btn. ext.*, ce qui donne à ce dernier son aspect homogène et luisant. Arrivée à la limite des grosses cellules gastriques, cette cuticule s'effile et se termine, l'estomac n'ayant pas de cuticule interne. L'endroit où la cuticule interne du bouton, fig. 15, *cut. btn. int.*, se retrousse, forme, on l'a compris, l'orifice du gésier dans l'estomac (*O* fig. 15, 1, 10, 11). Entre les deux cuticules du bouton se trouve naturellement leur matrice également retroussée qui est directement contiguë aux grosses cellules glandulaires de l'estomac (fig. 15, *cel dig.)*. Pour se convaincre de ces faits, il faut détruire les muscles, cellules, etc., au moyen d'une goutte de solution de potasse caustique. Les cuticules chitineuses qui résistent parfaitement à ce réactif, comme on le sait, deviennent alors très-nettes. J'ai réussi dans une préparation de ce genre, en tirant doucement sous le microscope la partie antérieure du gésier, tandis que l'estomac était fixé, à retourner entièrement la cuticule du bouton sous mes yeux, et à faire ainsi disparaître le bouton tout entier qui se trouva alors changé en un tube chitineux simple situé entièrement hors de l'estomac. Ce tube ne put alors plus être distingué de la cuticule de la portion cylindrique du gésier, laquelle parut seulement avoir doublé de longueur. Le bouton est tantôt plus grand, tantôt plus petit suivant les genres. Chez les *Camponotidæ* et chez une partie des *Dolichoderidæ* il est allongé, et arrondi à son extrémité (fig. 1 et 15). Chez le genre *Dolichoderus* et chez les autres sous-familles il est en général plus court, élargi à son extrémité; l'orifice est large et la cuticule se retrousse à angle aigu, ce qui forme un bord étroit autour de l'orifice (fig. 10 et 11, *btn).* A part cela le bouton ne présente aucune variation intéressante. La partie cylindrique du gésier ne varie que de longueur. Elle est longue dans le genre *Camponotus* (fig. 1, *cyl.)* et dans les genres voisins, moyenne dans les genres *Formica* et voisins, *Prenolepis*, *Plagiolepis*, *Acantholepis* (fig. 2 et 3, *cyl.),* etc., courte chez les *Dolichoderidæ* (fig. 4, 5, 7, 8, *cyl.).* Chez les genres *Dolichoderus* et *Leptomyrmex*, ainsi que chez les *Dorylidæ*, *Poneridæ* et *Myrmicidæ*, elle fait entièrement défaut : la cuticule interne du bouton passe directement à celle de la boule du gésier.

La partie antérieure du gésier varie tellement que je suis forcé de m'en tenir d'abord à un type. Je commence par le gésier du *Camponotus ligniperdus* (fig. 1). Une fois celui-là compris, il sera facile d'en faire dériver les autres :

A l'extrémité antérieure de la partie cylindrique du gésier du *C. ligniperdus*, la cuticule interne s'étale, la cavité du gésier s'élargissant brusquement. Mais au lieu de conserver sa forme cylindrique, cette cuticule s'épaissit considérablement, et forme une sorte de figure symétrique à quatre côtes longitudinales et à quatre excavations également longitudinales entre les côtes. Dans le sens longitudinal la cuticule est partout convexe, et décrit sur chaque côte (fig. 1 *côt. b.)* plus d'une demi-circonférence, dans chaque excavation (fig. 1 et 16, *cut. b.)* moins d'une demi-circonférence. Dans le sens transversal elle forme quatre élévations (les côtes) entre lesquelles sont quatre concavités (fig. 20, *côt. b.*, *cut. b.).* La coupe transversale de la fig. 20, quoique faite sur une autre fourmi, ne diffère que par des détails insignifiants d'une coupe analogue du *C. ligniperdus* faite par exemple à l'endroit *côt. b.*, fig. 1. Qu'on se figure, comme le dit Meinert, un melon vidé ayant seulement quatre côtes, mais les ayant énormément proéminentes, et l'on aura à peu près la forme de cette portion du gésier que j'ai appelée autrefois (l. c.) *boule,* nom que je conserve faute de mieux (fig. 1, *b.).* Donc la cuticule du gésier se dilate pour former la boule, puis se rétrécit de nouveau au pôle antérieur de celle-ci. Si nous considérons une coupe transversale à travers la boule du gésier (fig. 20), nous remarquons que la cuticule interne est partout fort épaisse, mais tout particulièrement au sommet des quatre côtes où elle a en même temps une cannelure longitudinale sur sa face externe. La cavité du gésier présente sur la coupe transversale, entre les quatre excavations, une forme plus ou moins carrée. A partir de chaque angle du carré, elle a un prolongement très-étroit (la coupe d'une fente longitudinale) qui s'avance dans chacune des côtes [1], et se termine par une petite dilatation (la coupe d'une petite gouttière longitudinale, fig. 20 et 21, *goutt. b.)* située sous le sommet de chaque côte. Les quatre côtes de la cuticule sont ce que Meinert et moi avons nommé les quatre lamelles du gésier, nom qui ne se justifie que par leur continuation antérieure (v. plus bas). Dans les figures 1-10 (gésiers entiers vus de côté, sauf fig. 6), qui sont dessinées par transparence, j'ai représenté sur un même plan la projection des côtes *(côt. b.)* et celle du fond des excavations *(cut. b.)*, quoiqu'elles soient en réalité dans des plans différents. Il ne faut donc pas s'imaginer que ce soient deux tuniques différentes, comme on pourrait facilement être tenté de le faire en regardant un gésier entier vu de côté sous le microscope. C'est peut-être ce qui a fait croire Meinert à des lamelles doubles. Il suffit de comparer la fig. 1 (gésier entier) à la fig. 16 (coupe longit.) et à la fig. 20 (coupe transv.)

---

[1] Il est évident que les parties de la cuticule qui sont extérieurement convexes (les côtes), sont intérieurement (vues de la cavité du gésier) concaves, et vice-versa.

pour comprendre ce dont il s'agit. On voit sur les figures 2, 3, etc., que la cuticule est plus ou moins ondulée longitudinalement aux quatre côtes, chez certaines fourmis, ce qu'on ne voit pas sur les coupes transversales, tandis qu'elle est lisse dans les excavations. Les cellules de la matrice de la cuticule de la boule sont bien développées (fig. 20 *mtr.).* La cuticule de la boule sert d'attache à divers muscles. A la partie antérieure de chacune des quatre excavations s'attachent les tendons *(t. m. dil. gig.*, fig. 16) des quatre grands muscles longitudinaux ou dilatateurs du gésier, *musculi dilatatores gigeriorum (m. dil. gig.,* fig. 16, 17, 19). Ces muscles qui forment la couche profonde ne sont encore décrits nulle part, vu qu'on ne peut les reconnaître que sur les coupes longitudinales. Leurs fibres vont s'attacher en partie à la surface extérieure des valvules, et en partie à la cuticule intersépalaire, jusqu'à l'extrémité antérieure des sépales. Cette dernière partie de chaque muscle, la plus considérable, ne provient du reste qu'en partie des tendons attachés à la boule du gésier. Les fibres de sa moitié antérieure au moins paraissent prendre naissance dans le tissu conjonctif qui les sépare des muscles circulaires du calice (fig. 16). Les fibres du muscle dilatateur sont beaucoup plus fines que celles des muscles circulaires ou constricteurs; leur sarcolemme renferme d'abondants noyaux (fig. 17 *N.).* Au sommet des quatre côtes de la boule s'attachent les muscles circulaires transversaux, *constrictores gigeriorum (m. b.* fig. 16, 18, 20, etc., etc.), au moyen de courts tendons (fig. 19, 20, *t. m. b.).* Ces muscles formés par une couche continue de fibres grossières et fortement striées recouvrent tout le gésier. Ils ne sont eux-mêmes recouverts que d'une fine tunique péritonéale plus ou moins distincte *(périt. g.* fig. 18 et 20).

Au pôle antérieur de la boule, avons-nous dit, la cuticule du gésier se resserre et s'épaissit pour former les quatre valvules. Pour comprendre ce curieux appareil[1], il faut comparer la fig. 1 (gésier entier de *C. ligniperdus)* avec les figures 19 (coupe transversale-oblique du même gésier suivant la ligne θ λ de la fig. 1) et 16 (coupe longitudinale du même gésier au milieu de l'intervalle entre deux sépales, suivant la ligne φ ω des fig. 17 et 19). Les coupes transversales à travers la boule (fig. 20) et à travers le calice (fig. 17) aident aussi à comprendre. Si nous partons de la coupe transversale de la boule (fig. 20), nous arrivons sans peine à comprendre la moitié supérieure de la fig. 19, en dessus de φ ω. La cuticule s'est simplement épaissie et a acquis quatre prolongements *(valv.)*, triangulaires sur la coupe, qui ne laissent plus entre eux, de la cavité du gésier, qu'une fente en forme de croix *(vid. g.)*, laquelle est d'ordinaire absolument fermée. En réalité ces quatre triangles ne sont que la section transversale de quatre épaississements en forme de coins de la cuticule chitineuse, ce qu'on comprend aussitôt quand on considère leur coupe longitudinale *(valv.,* fig. 16). Les quatre branches de la fente en croix se dirigent sur chacune des quatre côtes prolongées de la boule *(côt. b,* fig. 19). Leur extrémité est la continuation directe de la gouttière de chacune des côtes, gouttière qui disparaît donc, comme on le voit, dans le plan de la moitié supérieure de la fig. 19, afin que la fermeture soit complète. Les sommets des quatre triangles (en réalité des quatre valvules en coins) viennent coïncider au centre de la croix. La ligne tirée d'un de ces sommets au milieu de la base du triangle est marquée fort nettement *(y* fig. 19). Il me paraît que les quatre valvules sont formées par la coalescence des ailes des sépales (v. plus bas), à la base du calice, là où la

---

[1] Dans mon travail sur les fourmis de la Suisse, p. 112, j'avais nommé la portion valvulaire du gésier : « base des sépales ». Je n'avais pu, faute

de coupes, tirer sa structure au clair, quoique j'eusse démontré sa fonction par une expérience décisive. Il suffit pour cela de donner à une fourmi du miel coloré au bleu de Prusse. Le jabot se remplit ainsi que le calice du gésier, mais pas une parcelle bleue ne passe les valvules. La fourmi dégorge son miel bleu à ses compagnes. Lorsqu'on les dissèque toutes, chez aucune d'elles le liquide bleu ne dépasse le calice (Fourmis de la Suisse, fig. 30). Seulement chez celles qu'on laisse vivre quelques jours après ce repas, on finit par voir le contenu de l'estomac se teindre peu à peu en bleu, et celui du jabot diminuer.

cuticule intersépalaire se raccourcissant de plus en plus, les sépales finissent par être contiguës entre elles. L'aile droite de l'une se relève alors et se soude à l'aile gauche de sa voisine, et réciproquement. L'endroit où cette coalescence a eu lieu est marqué par la ligne *y* (fig. 19). Les valvules ont la même structure lamelleuse que les ailes des sépales *(valv.* fig. 19), ce qui parle encore pour l'opinion ci-dessus. Cependant la portion périférique de la cuticule *(cut. b.* et *côt. b.* fig. 19) conserve la structure homogène de la cuticule de la boule. La matrice cuticulaire et les muscles de la portion valvulaire du gésier sont identiques à ceux de la boule. La portion inférieure de la fig. 19, située dans un plan plus antérieur, représente déjà le passage à la base du calice. Les valvules ont encore leur forme, mais à l'extrémité de chacune des branches de la croix, la cavité du gésier se dilate de nouveau en gouttière, le commencement des gouttières des sépales *(goutt. s.)*. En même temps la cuticule s'épaissit en demi-cercle autour de chacune de ces gouttières pour former la base du corps des sépales *(c. s.)*, tandis que dans l'entre-deux qui correspond aux parties excavées *(cut. b.)* de la boule, elle va se ramincir en se dessoudant. C'est en cet endroit que viennent s'attacher une partie des fibres du muscle dilatateur. En avant, les valvules se terminent brusquement (vers *x*, fig. 16), et la cavité du gésier se dilate de nouveau ; la ligne *y* des valvules (fig. 19) se dessoude, et la cuticule ne reliant plus que le sommet des valvules disjointes devient extrêmement mince. L'action des muscles dilatateurs est maintenant facile à comprendre; ils tirent les quatre valvules en sens inverse l'une de l'autre, et les écartent par conséquent un peu. Les muscles circulaires-transversaux les serrent au contraire l'une contre l'autre par leur action combinée. Le point *x* (fig. 16, 1, 2, etc.) marque l'endroit où les valvules cunéiformes se terminent antérieurement, ou plutôt à proprement parler, où elles s'ouvrent en se disloquant et en se continuant sous la forme des quatre sépales. Postérieurement, c'est d'une façon bien plus insensible que les valvules se transforment pour former la cuticule de la boule.

Les sépales (fig. 1, *s)* sont quatre épaississements longitudinaux très-curieux de la cuticule interne du calice du gésier. Une sépale n'est point la continuation antérieure d'une des quatre valvules, mais bien chaque fois celle des deux moitiés contiguës de deux valvules voisines, ce qu'on comprendra en comparant la coupe transversale de la fig. 19 à celle de la fig. 17, laquelle est faite à travers le calice suivant la ligne $\varepsilon\ \eta$ de la fig. 1. Le calice est la région de la portion antérieure du gésier qui fait passage au jabot. La cuticule mince et plissée longitudinalement *(cut. i. s.* fig. 17) qui relie les sépales l'une à l'autre n'est que la continuation directe de la cuticule du jabot, et a presque exactement le même aspect qu'elle. On remarque cependant sur sa coupe longitudinale de petites arêtes (fig. 16, vers *cut. i. s.)* qui sont plus fortement comprimées que les plis transversaux de la cuticule du jabot (fig. 16, *cut. j.).* Les figures 17 et 18 feront comprendre les sépales mieux que tout le reste. La forme de leur section transversale ressemble un peu à une hirondelle au vol. Le *corps* (fig. 17, 18 et 19, *c. s.)* est en forme de gourde à paroi chitineuse épaisse et assez homogène. Il correspond au sommet d'une des côtes de la boule du gésier, et en est la continuation directe. Ce corps de la sépale est creusé intérieurement en forme de gouttière longitudinale *(goutt. s.)* s'ouvrant par une fente longitudinale étroite dans la cavité du calice. Sur les bords de cette fente, la cuticule est garnie de denticulations irrégulières (fig. 18, vers *goutt. s)* qui sont ordinairement engrenées les unes dans les autres, et ferment ainsi très-exactement l'entrée de la gouttière. Les gouttières des sépales correspondent à celles de la boule *(goutt. b.,* fig. 20), et les continuent directement, à part une courte interruption dans la moitié postérieure des valvules. Dans la moitié antérieure des valvules elles sont par contre fort distinctes (fig. 19, *goutt. s.).* Les deux côtés du cou de la gourde formée par la section transversale du corps d'une sépale se prolongent latéralement sous forme de deux ailes recourbées fort larges (fig. 17 et 18, *a. s.)*. La cuticule très-épaisse qui forme ces ailes présente une structure lamelleuse fort remarquable (fig. 18) ; elle paraît formée d'une agglomération serrée de lamelles chitineuses longitudinales plus ou moins perpendiculaires à la paroi du gésier, collées les unes aux autres, et brisées toutes à angle obtus à l'intersection d'une surface courbe longitudinale qui parcourt le milieu de l'aile, d'un bout à l'autre, à égale distance de ses deux faces (fig. 18, *s. a. s.)* et à peu près perpendiculairement aux lamelles. Disons-le tout de suite, je considère ce qui paraît être des lamelles comme des plis longitudinaux réguliers et serrés, formés primitivement par la mince cuticule intersépalaire, plis qui plus tard s'épaississent, s'enraidissent, se collent entre eux, prennent la couleur rousse des couches épaisses de chitine, et finissent par former un tout (aile de la sépale) qui prend l'apparence extérieure d'un simple épaississement de la cuticule. Donc des plis formés par une cuticule peuvent se « *chitiniser* ». Nous avons déjà vu le même phénomène, mais d'une façon moins nette, dans les valvules (leur structure lamelleuse). Nous le retrouverons d'une façon qui ne laisse plus le moindre doute chez le *Cryptocerus atratus*. La manière dont les plis lamellés des ailes passent à la chitine plus ou moins compacte du corps des sépales ne m'est pas claire (voir fig. 18). A l'extrémité des ailes, les plis lamellés deviennent de plus en plus courts, et disparaissent finalement à l'endroit où l'aile se termine, c'est-à-dire là où elle est continuée par la mince cuticule intersépalaire (fig. 18, *cut. i. s.)*. La forme générale d'une sépale de *C. ligniperdus* est celle d'une rame arrondie à son extrémité antérieure, et munie tout du long d'un renflement médian (corps) creusé en gouttière, ou bien, si l'on veut, celle d'une sépale allongée du calice d'une fleur (comparer avec la fig. 19, *sép.*, de la planche 1 de mes « Fourmis de la Suisse »). A partir de la base du calice, les quatre sépales s'écartent insensiblement l'une de l'autre jusqu'à leur extrémité arrondie qui confine à la cuticule du jabot. A la base des sépales leur corps est épais, leurs ailes sont courtes; à leur extrémité c'est le contraire. La fine cuticule intersépalaire du calice, lorsqu'elle s'est détachée de l'extrémité de l'aile d'une sépale, se courbe d'abord vers la superficie du calice, et arrive presque à toucher les muscles circulaires (fig. 17). Puis elle se recourbe brusquement en U, et se dirige vers le centre du calice en longeant d'abord la surface interne des sépales et ensuite la cuticule homologue du pli voisin. Elle atteint ainsi presque le centre du calice, après quoi elle se recourbe de nouveau plus ou moins lentement et irrégulièrement, pour refaire en sens inverse le chemin qu'on vient de voir, et atteindre finalement l'extrémité de l'aile de la sépale voisine. Cette cuticule forme donc, comme on le voit dans la fig. 17, quatre grands replis concaves extérieurement, convexes intérieurement, lesquels obstruent partiellement la cavité du calice. Mais en outre elle offre une foule de petits replis longitudinaux secondaires (fig. 17 et 18, *cut. i. s.)* qui se superposent aux grands. Chacun des grands replis est situé entre deux sépales et correspond à l'une des excavations de la cuticule de la boule (ou au milieu d'une des valvules) dont il est la continuation antérieure. La *cavité du calice* coupée transversalement se trouve donc *(vid. g.*, fig. 17) former une croix très-irrégulière ayant trois ramifications à l'extrémité de chacune de ses branches ; la ramification du milieu va dans la gouttière de chaque sépale. Quand le jabot est rempli, la cavité du calice du gésier n'est pas fermée; elle forme un prolongement, rempli aussi, de celle du jabot (Fourmis de la Suisse, fig. 30). La matrice de la cuticule du calice est intéressante. Celle de la cuticule intersépalaire (fig. 17 et 18, *N. mtr.)* est faible, a des noyaux arrondis, et n'offre rien de particulier. Celle des sépales, par contre, surtout celle de leurs ailes, est fort épaisse et a de longs noyaux fusiformes plus ou moins perpendiculaires à l'aile de la sépale ; les cellules sont aussi fusiformes et disposées régulièrement, parallèlement les unes aux autres (fig. 17 et 18, *N. mtr. s.)*. L'excavation extérieure formée par chacun des grands replis de la cuticule intersépalaire est remplie par chacun des quatre muscles longitudinaux dilatateurs du gésier dont nous avons parlé plus haut et dont la fig. 17 *(m. dil. gig.)* représente les sections transversales. Entre ces muscles et la matrice de la cuticule se trouve une *tunica propria* plus ou moins marquée (fig. 17 et 18, *prop. g.)*. Enfin le tout est entouré d'une couche continue de muscles circulaires transversaux ou constricteurs identiques à ceux de la boule, à peine un peu plus faibles qu'eux (fig. 1, 16, 17, 18, etc., *m. s.)*. Ces muscles s'attachent par de courts tendons *(t. m. s.)* à l'extrémité périférique du corps de chaque sépale. Ils sont recouverts eux-mêmes d'une enveloppe péritonéale (fig. 18, *périt. g.)*. Le passage de la paroi du calice du gésier à la paroi du jabot est figuré fig. 1 entre *j.* et *m. s.*, et fig. 16 vers *cut. j.* et *m. j.* Il n'offre rien de particulier, sinon la terminaison arrondie des quatre sépales, l'élargissement subit de l'étroite cavité du calice qui s'ouvre dans le vaste sac du jabot, enfin la terminaison subite des muscles du gésier. La surface du jabot n'est revêtue que d'un réseau lâche de fins muscles striés (comp. fig. 3, *m. j.)*.

Lorsqu'on dissèque le gésier avec beaucoup de précautions, n'enlevant les cellules du corps graisseux qu'avec le plus grand soin, on découvre tout un réseau de fibres musculaires fort délicates qui se détachent du réseau musculaire du jabot à sa partie postérieure, et vont s'attacher à la portion la plus convexe de la boule du gésier. De cet endroit partent d'autres fibres musculaires encore plus fines, qui sont en partie la continuation des précédentes, et qui vont s'attacher au réseau musculaire de la partie antérieure de l'estomac. Toutes ces fibres musculaires (fig. 3, *m. l.)* sont tendues *librement comme les cordages d'un ballon* entre leurs trois points d'attache. Elles sont souvent ramifiées. Leur fonction paraît être, en partie du moins, le maintien en place de la paroi du jabot qui sans elles pourrait facilement s'infléchir et obturer l'entrée du gésier. Ces muscles existent au moins dans toute la sous-famille des *Camponotidæ*, mais je n'ai figuré que ceux de l'*Acantholepis Frauenfeldi*.

De la description qu'on vient de lire, il résulte que la seule partie vraiment essentielle du gésier sont les valvules. Ce sont aussi elles qui avec le bouton persistent seules sans modification essentielle dans toute la série zoologique des fourmis.

Le gésier des genres *Camponotus*, *Polyrhachis*, *Colobopsis*, *Myrmecopsis*, *Gigantiops* et *Oecophylla* est conforme à celui du *Camp. ligniperdus* dessiné à la fig. 1. Chez tous ces genres le calice et la partie moyenne du gésier sont longs et étroits, la boule par contre courte et large. Chez les quatre derniers genres cependant, l'extrémité antérieure des sépales du calice est légèrement évasée (chez *Oecophylla* assez fortement) et élégamment courbée en dehors. Chez *Colobopsis* et *Myrmecopsis*, la boule est un peu plus allongée que chez les autres.

Chez les genres *Myrmecocystus*, *Polyergus*, *Formica* et *Lasius*, la forme du gésier est analogue à celle du *C. ligniperdus*, mais beaucoup plus courte et plus épaisse. Les sépales sont larges et droites, la boule est courte et épaisse, la partie moyenne encore assez longue (Fourmis de la Suisse, fig. 19). Le gésier du genre *Brachymyrmex* (Fourmis de la Suisse, fig. 20) appartient encore à ce type, mais il est très-raccourci, surtout le calice.

Le genre *Prenolepis (P. fulva, vividula, longicornis)* présente un type fort rapproché du précédent, surtout du genre *Œcophylla*. L'extrémité antérieure des sépales est épaissie, plus rousse (plus chitinisée) que le reste, et brusquement recourbée en dehors et en arrière avec la cuticule intersépalaire (fig. 2, *s. r.)*. Les valvules (fig. 2, *valv.)* sont bien loin cependant d'atteindre la courbure des sépales. Ce qu'il y a de curieux, c'est que les muscles circulaires du calice ne suivent pas cette courbure de la cuticule, *mais l'enjambent et se continuent jusqu'à la hauteur de son sommet sur la portion de la cuticule du jabot (cut. j. r.*, fig. 2) *qui a été retroussée par l'extrémité recourbée de la cuticule du calice (m. c. j. g.*, fig. 2). Les sépales des *Prenolepis* sont du reste étroites, la boule grande, ovale-allongée, la portion moyenne encore assez longue.

Un troisième type du gésier est fourni par les genres *Pla-*

giolepis (P. pygmæa et *custodiens)*, *Acantholepis* et *Acropiga*. Ce type ne diffère du précédent qu'en un point, mais en un point capital. Les valvules du gésier (fig. 3, *valv.)* sont prolongées en avant et comprennent une partie de ce qui était la base des sépales du calice. Dès l'extrémité antérieure des valvules, les sépales proprement dites sont brusquement réfléchies en arrière à angle aigu avec la cuticule intersépalaire du calice, et forment avec elle un parasol (fig. 3 *s.* et *valv. sép.)* qui recouvre en partie la portion valvulaire du gésier. Le point le plus antérieur de la fermeture des valvules est en même temps l'extrémité antérieure du gésier (fig. 3, *x.).* Le calice est entièrement réfléchi en arrière, sauf ses muscles circulaires qui, comme chez les *Prenolepis,* enjambent le replis de la cuticule et se continuent (fig. 3, *m. c. j. g.)* sur la paroi du jabot jusqu'à la hauteur du point *x*. Il s'ensuit que, comme chez les *Prenolepis,* la partie retroussée de la cuticule du jabot est appliquée par ces muscles contre le calice réfléchi (le parasol), et que ce dernier n'est pas renfermé dans la cavité proprement dite du jabot, comme chez le groupe suivant. Le parasol est fortement chitinisé, y compris la cuticule intersépalaire *(valv. sép.)* qui ne forme plus de replis concaves, mais qui est tendue presque droit d'une sépale à l'autre. Les gésiers de l'*Acropyga acutiventris*, de l'*Acanthol. Frauenfeldi* (fig. 3), et de la *Plagiolepis pygmæa* (Fourmis de la Suisse fig. 21) sont très-analogues du reste à celui des *Prenolepis*, et fort semblables entre eux. Celui de la *Plag. custodiens,* espèce très-aberrante, est plus court, et a surtout les valvules plus courtes, ce qui fait que le parasol recouvre en partie le devant de la boule; la partie moyenne est aussi plus courte. Ce gésier est du reste identique aux trois autres, en particulier en ce qui concerne les muscles circulaires qui enjambent et recouvrent le parasol.

Les trois types du gésier que nous venons de voir appartiennent à la sous-famille des *Camponotidæ.* Les types suivants sont fournis par celle des *Dolichoderidæ.* La seule différence importante entre le gésier de ces deux sous-familles, est que chez les *Dolichoderidæ* (chez lesquels le calice est toujours réfléchi, ou fait entièrement défaut) les muscles circulaires n'enjambent pas la portion réfléchie de la cuticule, et ne se continuent pas sur la paroi du jabot, un phénomène qui m'avait échappé autrefois. Il s'ensuit que le calice réfléchi, quand il y en a un, est complètement renfermé dans la grande cavité du jabot (fig. 4, 5, 7, 8). En outre, chez les *Dolichoderidæ,* la portion moyenne ou cylindrique du gésier est très-courte ou fait entièrement défaut.

Notre quatrième type du gésier est le plus variable de tous; il ne se distingue essentiellement du troisième que par l'absence des gros muscles circulaires sur la partie retroussée du jabot, et par sa portion moyenne extrêmement courte. Ce type comprend les types 3, 4 et 5 de mes Fourmis de la Suisse (p. 114 et 115), l'étude des genres exotiques m'ayant démontré que ces formes ne sont pas essentiellement différentes. La portion valvulaire n'atteint jamais ici la longueur qu'elle a chez la *Plagiolepis pygmæa* et l'*Ac. Frauenfeldi.* Le calice est réfléchi, mais il varie beaucoup de taille, et sa cuticule est parfois très-fortement chitinisée, parfois très-faiblement, parfois seulement aux sépales, parfois sur tout le calice à peu près également. Chez quelques formes *(Iridomyrmex)*, le calice est immense, ses sépales sont recourbées comme les quatre branches d'une ancre, recouvrent toute la boule et peuvent même venir former quatre empreintes sur la paroi de l'estomac. Chez d'autres, le calice est rudimentaire et dépasse à peine les valvules. Entre deux il y a toutes les transitions. La figure 21 représente une coupe transversale à travers un de ces gésiers, celui du *Bothriomyrmex meridionalis*[1], à l'endroit où la boule est encore recouverte par le calice réfléchi, suivant la ligne $\alpha\,\beta$ de la fig. 4. Quiconque douterait encore que les branches de l'ancre des fig. 4, 5, 6, etc., soient simplement les homologues des sépales *(s)* du gésier de la fig. 1 qui se sont réfléchies en arrière, devra se rendre à l'évidence s'il consulte la fig. 21 qui a été dessinée exactement d'après une préparation, comme les autres du reste. Au centre de la figure on voit la section de la boule du gésier avec sa cavité *(vid. g.)*, ses gouttières *(goutt. b.)*, sa cuticule *(cut. b.* et *côt. b.)* et ses muscles circulaires transversaux *(m. b.)*. A cette figure est circonscrite une seconde figure carrée, ayant à chaque angle un épaississement de la cuticule *(c. s., a. s.)* qu'on reconnaît aussitôt pour être la section transversale d'une sépale avec son corps *(c. s.)* et ses ailes *(a. s.)*. Seulement le corps est plus gros et les ailes sont plus petites que dans la fig. 17; puis les sépales sont tournées en sens inverse parce que le calice est retroussé, réfléchi. La matrice de ces sépales est bien développée et régulière *(N. mtr. s.)*, mais ses cellules ne sont pas fusiformes. On voit admirablement bien la cuticule intersépalaire (*cut. i. s.*) qui est mince et transparente chez cette fourmi, mais ne forme pas de grands replis, à peine quelques petits. Bref, cette figure carrée circonscrite n'est autre chose que la section du calice réfléchi. C'est pourquoi sa cuticule se trouve tournée en dehors, tandis que la matrice de cette cuticule et la tunica propria (*prop. g.*) sont tournées en dedans, ainsi que les muscles circulaires dont on voit encore une fibre (*m. s.*). Ce calice réfléchi est, comme on le voit, relié à la boule par un réseau lâche de tissu conjonctif (*périt. g.*). Mais ce n'est pas tout. Une troisième figure carrée-arrondie est circonscrite à la précédente et a de nouveau sa simple et mince cuticule (*cut. j.*) irrégulièrement plissée tournée en dedans, sa matrice, sa tu-

---

[1] La boule et le calice du gésier du *B. meridionalis* ☿ (Fig. 4; *b*, *s*) ont ensemble une longueur de 0,104 millimètre qui ne varie pas, les individus étant tous de même grosseur ou peu s'en faut. A l'aide d'un petit microtome à surface de verre, construit par M. Katsch, fabricant à Munich, d'après les indications que mon collègue M. le D^r Ernst Hermann et moi lui avons fournies, et d'un rasoir aiguisé *ad hoc*, j'ai réussi à faire à travers le calice et la boule d'un seul de ces gésiers, après l'avoir isolé, sept coupes successives exactement transversales et parfaitement intactes. Cha-

cune des coupes a donc en moyenne $\frac{1}{70}$ de millimètre d'épaisseur au plus, surtout si l'on tient compte des calottes antérieure et postérieure qui n'ont pu être coupées. Les plus fines d'entre elles (celles des fig. 20 et 21 p. ex.) ont beaucoup moins. Que cela soit dit pour ceux qui prétendent qu'on ne peut pas faire de coupes tout-à-fait fines avec un microtome !

nica propria et ses muscles épars (*m. j.*) tournés en dehors. C'est la paroi retroussée du jabot qui enveloppe le calice réfléchi du gésier (comparer fig. 4, *α β*). La coupe transversale de la boule seule, en arrière du calice, n'offre rien de particulier (fig. 20). Elle ne diffère que par d'insignifiants détails de la coupe de la boule du *Camp. ligniperdus.* Ce qui est plus important, c'est l'aspect d'un pareil gésier, ou plutôt de son calice, vu de devant, de l'intérieur du jabot. La figure 6 montre le calice du gésier de l'*Iridomyrmex purpureus* vu de cette façon. Le calice étant réfléchi en parasol n'a pas de cavité. On voit au milieu une figure en forme de croix (*vid. g.*) très-semblable à celle de la fig. 19 dont elle n'est que la continuation. C'est la cavité du gésier, fermée par les quatre valvules cunéiformes, à son orifice antérieur qui débouche directement dans le jabot. Au bord même de cet orifice la cuticule se réfléchit pour former le calice avec ses sépales (*s*) et sa cuticule intersépalaire (*valv. sép.*). Les gésiers du troisième type (*Plagiolepis* etc.), vus de devant, ont un aspect identique. Les fourmis des genres suivants présentent la forme du gésier du quatrième type: *Iridomyrmex* (*purpureus* et *crudus*), *Bothriomyrmex, Liometopum* (*microcephalum*), *Azteca* (*xanthochroa*), *Dorymyrmex* (*pyramicus*), *Technomyrmex*, *Tapinoma* (*erraticum* et *nigerrimum*). Chez les *Iridomyrmex* (fig. 5, 6), la boule est ovale, petite, entièrement recouverte par l'énorme calice dont les sépales recourbées vont même faire avec leurs extrémités quatre enfoncements dans la paroi de l'estomac (*e*, fig. 5). L'estomac et le jabot sont contigus, le gésier étant en entier recouvert par ce dernier. La cuticule intersépalaire est modérément chitinisée; les sépales le sont fortement. Chez le *Bothriomyrmex meridionalis* (fig. 4), la boule a la forme d'un vase ventru en bas et évasé en haut. Le calice, fortement réfléchi, ne recouvre cependant pas la moitié antérieure de la boule. La cuticule intersépalaire est mince et transparente; les sépales elles-mêmes sont de couleur claire et assez longues. Chez le *Liometopum microcephalum* (Fourmis de la Suisse, fig. 34), la boule est fort allongée et étroite, plus étroite que la portion valvulaire. Le calice, assez fortement réfléchi, recouvre pourtant à peine les valvules; il est de consistance friable, de couleur rousse; les sépales sont à peine plus foncées que la cut. intersép. La portion moyenne du gésier est à peine marquée. Chez l'*Azteca xanthochroa* le gésier (fig. 8) ressemble plus à celui d'un *Tapinoma* qu'à celui du genre précédent. La boule est assez large, mais un peu ramincie en arrière, et un peu plus étroite que les valvules. Le calice est fortement chitinisé, très-court, ne recouvrant qu'une partie des valvules. La différence entre les sépales et la cuticule intersépalaire est peu marquée. Le gésier du *Dorymyrmex pyramicus* est à peu près identique à celui du *Bothriomyrmex*. Les sépales sont seulement plus larges, mieux colorées et plus élégamment évasées. Chez le *Technomyrmex strenuus* (fig. 7), le calice grand et fortement réfléchi recouvre les trois quarts de la boule qui est très-large, courte, plus ou moins arrondie et rétrécie antérieurement vers les valvules. Le calice est très-pâle, faiblement chitinisé; les sépales sont à peine marquées. La cuticule du calice (*valv. sép.*) présente une foule de petites figures (épaississements) en forme d'anneaux régulièrement disposés qui ressemblent à s'y méprendre aux anneaux chitineux qui surmontent la terminaison de beaucoup de nerfs sensibles chez les insectes. C'est le seul gésier qui m'ait présenté cette particularité. La seule ouvrière sèche de cette espèce de Bornéo que j'aie pu disséquer m'a été donnée par M. le marquis de Doria, directeur et fondateur du musée civique de Gênes. C'est sur cette même ouvrière, longue de 2,5 millimètres, que j'ai disséqué l'appareil vénénifique de ce genre singulier que Mayr croyait former le passage des *Camponotidæ* aux *Dolichoderidæ* (v. *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. XXX suppl. p. 47 etc.). La partie moyenne du gésier est à peine marquée. Enfin, chez le genre *Tapinoma* (Fourmis de la Suisse, fig. 24, 25 et 26), le gésier a une large boule en forme de marmite qui (extérieurement) ne se rétrécit pas aux valvules. Le calice réfléchi est rudimentaire, et ne dépasse pas la largeur des valvules; sa cuticule est par contre fortement chitinisée, foncée; les sépales sont à peine marquées. La partie moyenne du gésier est moins courte que chez les précédents.

Nous arrivons à notre cinquième type qui se distingue du précédent par l'absence complète du calice et de la partie moyenne ou cylindrique du gésier. C'est par erreur que j'ai dit autrefois (Fourmis de la Suisse, p. 116) que le *Dolichoderus* (*Hypoclinea*) *quadripunctatus* possède encore un rudiment de sépales réfléchies. La figure en croix que l'on voit de devant, et que j'avais prise pour ce rudiment, n'est autre que la cavité en croix de la portion valvulaire du gésier (fig. 6, *vid. g.;* Fourmis de la Suisse, fig. 26 ; cette dernière figure est mal faite ; la grande croix extérieure devrait aller jusqu'au milieu, tandis que la petite croix du milieu qui n'est que la projection de la base de la boule ne devrait pas être visible). La mince cuticule du jabot part directement du bord antérieur en croix des valvules. Ces dernières sont fort variables. Ou bien elles ressemblent encore à celles du type précédent, ainsi chez les *Dolichoderus quadripunctatus* (Fourmis de la Suisse, fig. 27 ; bonne figure) et *bispinosus ;* ou bien elles prennent un grand développement, tant en largeur qu'en longueur, et forment quatre énormes coins assez fortement chitinisés dont la boule du gésier n'est plus qu'un appendice postérieur rétréci (fig. 9, *valv.*, chez le *Leptomyrmex erythrocephalus*)*;* ou bien enfin elles s'allongent démesurément sans s'élargir (fig. 10, *valv.*, chez le *Dolichoderus attelaboïdes*), et sont faiblement chitinisées. Cette dernière forme fait passage au type suivant, d'autant plus que la boule (fig. 10, *b.*) s'allonge aussi, se rétrécit, et se distingue peu des valvules. Ce type comprend le genre *Leptomyrmex* (*L. erythr.*), et probablement tout le genre *Dolichoderus*, tel que je l'ai défini dans un récent travail (*Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXX Suppl.*). La boule du gésier est ou bien semblable à celle du type précédent, ou bien allongée et étroite (*Dol. attelaboides*). Elle touche directement à l'estomac (fig. 9 et 10), et passe directement au bouton du gésier. Ce dernier est, comme nous l'avons vu plus haut, élargi en arrière, et son orifice dans l'estomac est large (fig. 10, *btn*, *o*). Ces gésiers n'ayant pas, comme les précédents, un calice enfermé dans le jabot, et continuant simplement ce dernier en arrière, ressemblent un peu aux formes courtes du premier type (*Brachymyrmex*). Ce n'est cependant, comme nous venons de le voir, qu'une analogie, tandis que par homologie ils dérivent du quatrième type.

Je n'ai pas donné de figure du sixième type, parce qu'il se distingue à peine du gésier du *Dolichod. attelaboides* (fig. 10). Ici la boule s'allonge encore plus, ainsi que les valvules. La cuticule devient de plus en plus pâle et moins différenciée. De fait les valvules ne sont plus que quatre grands replis longitudinaux de la cuticule un peu épaissie, lesquels, lorsque les muscles circulaires se contractent, viennent s'appliquer l'un contre l'autre et fermer l'entrée du gésier. La boule qui n'est plus que l'homologue de celle des premiers types ne se distingue de la portion valvulaire que par sa cuticule plus mince, à plis moins accentués, et par sa cavité un peu plus dilatée. Chez certains genres (*Cremastogaster, Odontomachus, Typhlopone*), même ces faibles différences ont disparu et la portion antérieure du gésier a la même structure d'un bout à l'autre. Les valvules et la boule forment ensemble un tube allongé qui laisse encore plus ou moins bien reconnaître quatre côtes longitudinales (la convexité des plis de la cuticule, homologues de *côt. b.*), et entre deux, quatre dépressions longitudinales (la concavité des plis, homologues de *cut. b.*). Les muscles circulaires transversaux sont exactement comme ceux des types précédents; je n'ai pas vu de muscle longitudinal. Le bouton du gésier est en général comme celui du type précédent, mais parfois cependant arrondi (*Aphænogaster barbara*). Excepté le genre *Cryptocerus* (*C. atratus*), tous les *Dorylidæ, Poneridæ* et *Myrmicidæ* que j'ai disséqués m'ont montré un gésier de ce sixième et avant-dernier type. Comme cependant je suis loin d'avoir disséqué tous les genres de ces grandes sous-familles, il est possible que l'un ou l'autre de ceux que je ne connais pas, fournisse, comme le *Cryptocerus atratus,* un nouveau type. Les genres que j'ai disséqués sont les suivants : *Typhlopone, Eciton, Odontomachus, Paraponera, Atta, Cremastogaster, Aphænogaster, Pogonomyrmex, Myrmica, Tetramorium.* Meinert qui a disséqué le gésier de la *Ponera punctatissima* (sa *contracta*) le trouve identique à celui des *Myrmica.*

Le *Cryptocerus atratus* nous fournit un septième type (fig. 11, 12, 13, 14) qui se retrouvera probablement plus ou moins modifié chez les autres fourmis du groupe des Cryptocérides (genres *Meranoplus, Cataulacus, Strumigenys,* etc.). Le bouton du gésier est identique à celui des types précédents. Par contre la partie antérieure s'est de nouveau différenciée en deux portions dont la plus antérieure (*ch.*) forme une curieuse tête de champignon qui correspond à un calice retroussé et aux valvules du quatrième type, tandis que la plus postérieure (fig. 11, *b*) n'a absolument plus de la boule que l'homologie. Elle forme un tube intestiniforme cylindrique qu'on serait bien plutôt tenté de prendre pour l'homologue de la portion moyenne du gésier du premier type (fig. 1, *cyl*), quoique ce ne soit point le cas. La cuticule assez mince de ce tube n'a pas trace de plis ni de côtes longitudinaux. Elle offre par contre sur toute sa surface de petits plissements irréguliers (fig. 11, *cut. g.*). Elle est entourée tout du long d'une couche continue de forts muscles circulaires, et débouche directement en arrière dans le bouton, en avant dans la tête de champignon qui la continue. La tête de champignon est entièrement située dans la cavité du jabot, comme un calice réfléchi, et constitue un retroussement brun foncé, fortement chitinisé et très-dur de la cuticule. Je n'ai malheureusement, faute de matériel en bon état, pas pu faire de coupes, ce qui m'empêche de décrire la manière dont les valvules sont conformées postérieurement. Je n'ai, pour la même raison, pas pu chercher le muscle longitudinal qui probablement se trouvera plus tard. La tête de champignon vue de devant (fig. 12) laisse voir l'ouverture antérieure des valvules (*vid. g.*). Nous n'avons plus ici les quatre valvules symétriques qui s'étaient maintenues constantes au moins dans les cinq premiers types. Il y a par contre dix valvules (ce nombre varie probablement) extrêmement irrégulières, auxquelles sont superposés les dix retroussements chitinisés de la cuticule (*valv. ch.*) qui forment ensemble la voûte de la tête de champignon, et qui sont au moins analogues au calice, à la cuticule intersépalaire des premiers types, s'ils ne sont pas ses homologues. Il n'y a du reste que quatre ou cinq de ces retroussements (et par suite des valvules) qui atteignent le centre de la cavité du gésier, ou de la tête de champignon. Les autres sont trop courts. Cependant, malgré la complication qu'atteint par là la fermeture des valvules, elle est aussi hermétique que possible, et je n'ai pu réussir à l'écarter sur les deux gésiers que j'ai disséqués. La périphérie de la tête de champignon est parfaitement circulaire; sa cuticule se recourbe encore en dessous, dans la concavité de la tête de champignon, avant de se retrousser complètement en sens inverse pour passer à la cuticule du jabot. Il est assez probable que la régularité des quatre plis symétriques longitudinaux du gésier des cinq premiers types se perd déjà en partie chez divers *Myrmicidæ* appartenant du reste au sixième type, avant de dégénérer aussi complètement que chez le *Cryptocerus atratus*. Je manque cependant de données à cet égard.

La cuticule du jabot du *Cryptocerus atratus* ne forme pas de plis longitudinaux ou irréguliers comme celle des autres jabots de fourmis de ma connaissance, mais bien des plis étoilés réguliers, comme ceux de divers autres organes (vessie à venin des *Myrmica* p. ex., etc.), plis qu'on connaît depuis longtemps chez les insectes (fig. 11, 13, *ét. j.*). Il est facile au moyen d'une faible traction de les étaler en partie (fig. 13, *f*). Si l'on examine attentivement la cuticule dure, épaissie et colorée de la tête de champignon qui n'est que la continuation de celle du jabot, on reconnaît aussitôt qu'elle est incrustée d'une myriade de petites étoiles régulières plus petites que celles du jabot. Le centre de ces étoiles du gésier (*ét. g.*, fig. 12 et 14) est aussi gros que celui de celles du jabot; seuls leurs rayons sont plus courts. Mais ces étoiles sont absolument solidifiées; on ne peut plus les étaler, les déplier. Il faudrait cependant être aveugle pour ne pas reconnaître en elles les plis étoilés du jabot qui se sont solidifiés, *chitinisés* avec le reste de la cuticule. Si nous examinons maintenant les bords antérieurs des valvules, et la périphérie de la tête de champignon, nous voyons que les étoiles s'y transforment en une lisière frangée parallèlement (fig. 12 et 14, *d*), mais dont les franges sont aussi bien soudées entre elles, aussi chitinisées que les plis des étoiles. Ceci ne nous rappelle-t-il pas énormément la structure *lamelleuse* des ailes des sépales du *Camponotus ligniperdus* (fig. 18, *a. s.*)? Il me semble qu'on peut, sans risquer de se tromper, considérer ces trois formations, et même les valvules à structure lamelleuse (fig. 19, *valv.*), comme le résultat d'un même phénomène: *le durcissement et la soudure (chitinisation) des plis de la cuticule.* Ce phénomène est probablement plus général chez les insectes qu'on ne le croit. Je m'abstiens cependant d'en dire plus à ce sujet.

La description précédente du gésier des fourmis, et les figures ci-jointes suffiront, je l'espère du moins, pour faire comprendre aux myrmécologistes l'importance de cet organe pour la classification des fourmis, et surtout pour la formation des genres, d'autant plus qu'il est identique chez les trois sexes d'une même espèce. Il serait bon aussi que cet exemple engageât les entomologistes en général à tenir enfin compte des organes internes dans la classification, et pas seulement de la surface de la peau[1].

---

[1] Qu'il me soit permis de signaler ici un fait omis dans mon travail sur l'appareil vénénifique (loc cit.). Les acus de l'aiguillon des genres *Myrmica, Atta, Typhlopone* et des *Dolichoderidæ* sont lisses comme l'indiquent Kræpelin et Dewitz. Ceux des *Paraponera* ont par contre vers leur extrémité un grand nombre de fortes dents recurrentes, ceux des *Odontomachus* quatre faibles dents latérales chacun. L'excellent myrmécologiste M. Mc Cook me fait observer que les *Pogonomyrmex (Myrmicidæ)* ont aussi six dents latérales à chaque acus.

2. — Tableau synoptique des sous-familles, et des genres de deux d'entre elles.

Ce tableau a pour but de préciser les caractères des sous-familles, et des genres tels qu'ils ont été modifiés par les recherches anatomiques de l'article précédent et par celles que j'ai publiées sur l'appareil vénénifique (loc. cit.). Dans ce dernier travail j'ai divisé l'ancienne sous-famille des *Formicidæ* en deux sous-familles : *Camponotidæ* et *Dolichoderidæ,* correspondant à mes anciennes divisions *α* et *β*. Les excellentes recherches myrmécologiques récentes de mes amis MM. Mayr et Emery ont amené le premier à réunir de nouveau sa sous-famille des *Odontomachidæ* aux *Poneridæ,* et le second à transférer les genres *Eciton* et *Typhlatta* des *Myrmicidæ* aux *Dorylidæ,* tandis que la position du genre *Myrmecia* est toujours disputée entre les *Poneridæ* et les *Myrmicidæ.* J'arrive pour mon compte de plus en plus à la conviction que les trois dernières sous-familles ne peuvent être distinguées d'une façon absolue, parce qu'elles présentent des genres faisant transition de l'une à l'autre. De plus, tandis que je me sens en état de préciser les caractères des genres des deux premières sous-familles, je suis loin de pouvoir en dire autant de ceux des trois dernières. Les *Myrmicidæ* sont surtout encore l'objet de nombreuses controverses, et présentent une légion par trop considérable de formes intermédiaires entre des genres mal assis. J'abandonne donc une meilleure fixation des genres des trois dernières sous-familles à de plus expérimentés que moi, surtout à ceux qui disposent d'un matériel plus considérable et cela avec d'autant plus de raison que l'étude anatomique ne dénote chez elles que des différences bien peu profondes[1].

---

[1] Je suppose dans ce qui suit les caractères de la famille des Formicides connus, en particulier le fait que les ☿ et ♃ qui sont des dérivés de la ♀ n'ont jamais d'ailes et ont le thorax transformé (rétréci et manquant de diverses pièces : *postscutellum, scutellum* et *proscutellum*). A part une ou deux exceptions, les ♀ et les ♂ sont ailés, et ont toujours trois ocelles sur le vertex.

A. Sous-familles.

1re S. famille. CAMPONOTIDÆ. Forel (Z. f. wiss. Zool. XXX Suppl.). Calice du gésier à quatre sépales, droit, recourbé ou réfléchi, mais toujours recouvert de muscles circulaires qui le séparent de la cavité du jabot (Fig. 1, 2, 3). Un seul article au pédicule. Pas de rétrécissement après le 1er segment de l'abdomen proprement dit. Nymphes ordinairement renfermées dans un cocon, parfois nues. Mœurs sédentaires.

Chez les ☿, les ♀ et les ♃ :

Glande à venin formant sur le dos de la vessie un coussinet aplati et ovale dont le tube est large, sans tubules accessoires pour chaque cellule ; pas de bouton terminal. Vessie à venin grande et ovale. Aiguillon transformé en un petit appareil rudimentaire servant à soutenir l'orifice de la vessie; les *acus* sont renflés à l'extrémité, et le *vagina acuum* transformé en une pièce transversale qui n'a plus de pointe. L'abdomen, vu de dessus, laisse voir tous ses segments, dont le dernier est conique et terminal. L'orifice du cloaque est petit, rond, apical, cilié. Pas de glandes anales.

2me S. famille. DOLICHODERIDÆ. Forel (Z. f. wiss. Zool. XXX Suppl.). Le gésier a un calice à quatre sépales, réfléchi, entièrement situé dans la cavité du jabot, ou bien n'a pas de calice (Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Un seul article au pédicule. Pas de rétrécissement après le 1er segment de l'abdomen proprement dit. Nymphes toujours nues. Mœurs sédentaires.

Chez les ☿, les ♀ et les ♃ :

La glande à venin ne forme pas de coussinet. Elle invagine la cuticule de la vessie et entre ainsi dans la cavité de cette dernière où elle se termine par un renflement ou bouton. Tube de la glande étroit partout, et muni partout de tubules latéraux pour chaque cellule. Vessie à venin de forme variable, en général petite, parfois entièrement rudimentaire ainsi que la glande. Aiguillon très-petit, rudimentaire, mais non transformé : *acus* pointus; *vagina acuum* large à sa base, mais pointue à son extrémité et formant une gaîne qui renferme les *acus*. L'orifice du cloaque est grand, en fente transversale, non cilié, *ordinairement* infère. Pygidium *ordinairement* vertical ou dirigé obliquement d'arrière en avant, et caché sous le 4^{me} segment. Antennes de 12 articles. Presque toujours des glandes anales.

3^{me} S. famille. DORYLIDÆ. SHUCKARD. (Annals of nat. hist. V, p. 188, ff. 1840)[1]. Mœurs cachées, ordinairement nomades. Peuplades très-nombreuses. Les trois sexes se trouvent presque toujours séparément, et sont si différents qu'on n'est point encore tout-à-fait certain de leur identité, même générique. Pédicule d'un ou de deux articles. Dans le premier cas, l'abdomen est allongé et souvent plus ou moins rétréci après

---

[1] Ce n'est pas sans de nombreuses hésitations que je donne des *Dorylidæ* l'imparfaite caractéristique ci-dessus, extraite ou plutôt combinée à l'aide des recherches de divers auteurs anciens et récents. On peut dire que tout ce qui concerne cette sous-famille est encore douteux. Les genres *Dorylus, Labidus, Rhogmus, Ænictus,* ne renferment que des ♂; les genres *Anomma, Typhlopone, Cheliomirmex, Eciton, Typhlatta,* ne renferment que des ☿; enfin le genre *Sphinctomyrmex* n'est basé que sur une ♀. Le genre *Dichthadia* est basé sur deux individus qui forment deux espèces, et que Gerstæcker *(Stettiner entom. Zeitung XXIV et XXXIII)* considère comme des ♀, tandis que Mayr *(Novara Reise, p. 17)* en fait des ☿. Il me semble comme à Emery *(Bull. Soc. ent. ital. 1870)* que les *Dichthadia* sont ce que j'ai appelé (Fourmis de la Suisse, p. 137) des ♀☿, ou intermédiaires entre ♀ et ☿ (Femelles aptères d'Huber). Gerstæcker (l. c.) fait des *Dorylus* les ♂ probables des *Typhlopone,* tandis que Shuckard, Mayr, et d'autres, en font les ♂ probables des *Anomma,* et réservent les *Labidus* aux *Typhlopone.* Il semble que Gerstäcker a ici raison. Peut-être les *Labidus* qui vivent tous en Amérique sont-ils, comme le suppose Smith, les ♂ des *Eciton* qui vivent dans le même continent! Emery *(Bull. entomol. ital. 1877)* réunit les *Eciton* et les *Typhlatta* aux *Dorylidæ,* et Mayr *(Sitzb. d. k. k. zool. bot. Ges. in Wien. 2 mai 1877)* lui donne raison. Cette opinion est corroborée par le genre de vie des *Eciton* lequel est identique à celui des *Anomma.* Les *Typhlopone* paraissent par contre mener une vie sédentaire. Tandis que Savage a trouvé des *Dorylus* en compagnie des *Anomma, Elliot, Jerdon* et autres en ont trouvé dans les fourmilières des *Typhlopone.* Bref, les *Dorylidæ,* tels que nous venons de les définir ne forment qu'un groupe provisoire reposant sur des hypothèses probables.

chacun de ses segments dont le premier est plus étroit que le second. Les arêtes frontales sont prolongées en avant où elles se recourbent autour des fosses antennales qu'elles limitent antérieurement. Gésier sans calice et sans portion moyenne (du moins là où j'ai pu le disséquer).

Chez les ☿ :

Les yeux composés font défaut ou bien sont remplacés par deux ocelles (*Eciton*) qui sont leurs homologues. Pas d'ocelles sur le vertex. L'abdomen, vu de dessus, laisse voir tous ses segments dont le dernier est terminal. L'orifice du cloaque est grand, apical, en fente transversale, non cilié. Aiguillon bien développé, fort et long chez certaines formes (*Eciton*, *Typhlatta*), mais très-court chez les autres. Glande et vessie à venin comme chez les *Dolichoderidæ.*

Chez les ♀ (connues dans deux genres) :

Pas d'yeux, pas d'ailes ni d'articulations alaires (*Dichthadia*, probablement intermédiaire entre ☿ et ♀), ou bien des ailes, des yeux composés et trois ocelles sur le vertex (*Sphinctomyrmex*). Thorax plus large et à pronotum plus court que chez les ☿; ses trois stigmates distincts. Abdomen très-développé. Du reste comme chez les ☿.

Chez les ♂ :

Des ailes. Mandibules sans dents. Chaperon indistinct. Yeux composés gros. Trois énormes ocelles sur le vertex.

4^me^ *S. famille.* PONERIDÆ. SMITH (Cat. Brit. Hym. 1851). Gésier sans calice et sans portion moyenne (analogue à la fig. 10). Pédicule presque toujours d'un seul article. Abdomen proprement dit presque toujours rétréci après son premier segment. Nymphes renfermées dans un cocon. Mœurs sédentaires. Fourmilières peu nombreuses, vie sociale peu développée.

Chez les ♀ et les ☿ :

Glande et vessie à venin comme chez les *Dolichoderidæ*, mais toujours bien développées. Aiguillon toujours bien développé, très-grand et très-fort. L'abdomen, vu de dessus, laisse voir tous ses segments dont le dernier est conique et terminal.

L'orifice du cloaque est comme chez les *Dorylidæ*. Pas de glandes anales.

5me *S. famille.* MYRMICIDÆ. SMITH (Cat. Brit. Hym. 1851). Gésier sans portion moyenne, et ordinairement sans calice; parfois il a un calice arrondi, retroussé en tête de champignon, et des valvules irrégulières au nombre de plus de quatre (fig. 11 et 12). Pédicule de deux articles très-resserrés en forme de nœuds. Nymphes toujours nues. Mœurs sédentaires.

Chez les ♀, les ☿ et les ♃ :

Glande et vessie à venin comme chez les *Dolichoderidæ*. Aiguillon ordinairement comme chez les *Poneridæ*, parfois rudimentaire comme chez les *Dolichoderidæ*, mais jamais transformé comme chez les *Camponotidæ*. Pas de glandes anales. Dernier segment de l'abdomen et orifice du cloaque comme chez les *Poneridæ*.

B. **Tribus et genres des** *Camponotidæ*.

1re Tribu.

Gésier étroit, allongé, à calice, droit ou un peu évasé antérieurement (fig. 1). Antennes de 12 articles chez les ☿, les ♀ et les ♃, de 13 chez les ♂. Fosse clypéale séparée de la fosse antennaire. L'insertion des antennes est éloignée du chaperon et située au bord externe des arêtes frontales (chez un seul genre elle est très-rapprochée du chaperon). Ailes des ♂ et des ♀ à une cellule cubitale, sans cellule discoïdale.

1. *Genre.* CAMPONOTUS. MAYR, Europ. Formic. 1861 (☿ ♀ ♂). ☿, ♀, ♂. Nymphes entourées d'un cocon. Deux sortes de ☿, les unes (☿ major) à tête très-grosse et à corps trapu, les autres (☿ minor) à tête petite et à corps allongé. Une série de formes intermédiaires relient ces deux types. Premier segment de l'abdomen environ de la même longueur que le

second. La tête n'est pas tronquée antérieurement. Arêtes frontales recourbées en S. Palpes maxillaires de 6, labiaux de 4 articles.

☿ et ♀ : abdomen ovale.

♂ : Premier article du funicule des antennes à peine plus long que le second; valvules génitales extérieures en forme d'épines.

2. *Genre.* POLYRHACHIS Shuckard,. Hist. of insects, 1840 (*Hoplomyrmus* Gerstæcker : Peters, Reise nach Mozambique 1858 ; *Hemioptica* Roger, Berl. ent. Zeitschr. 1862, p. 238.). ☿, ♀, ♂. Nymphes entourées d'un cocon. Une seule sorte de ☿, à tête de grandeur moyenne. La moitié de la longueur de tout l'abdomen est formée par le premier segment (chez le ♂ il est parfois un peu plus court). La tête n'est pas tronquée antérieurement.

☿ et ♀ : Abdomen sphérique. Les arêtes frontales et la partie du front située entre elles proéminent fortement entre les articulations des antennes, ce qui donne au front vu de profil une protubérance marquée (ce caractère se retrouve chez certains *Camponotus*).

3. *Genre.* ECHINOPLA Smith, Proc. Linn. Soc. Zool. II, 79, 1857 (☿); Mayr, Formic. borneenses, Ann. d. mus. civ. di Genova 1872 (♀). ☿, ♀. Identique au genre précédent, mais palpes maxill. de 5, labiaux de 4 articles, et arêtes frontales convexes en dehors. La lame dorsale du premier segment de l'abdomen recouvre presque tout l'abdomen; son bord forme presque un cercle (chez tous les autres *Camponotidæ,* le bord postérieur de la lame dorsale du premier segment abdominal forme un angle avec ses bords latéraux).

4. *Genre.* COLOBOPSIS Mayr, Europ. Formic. 1861 (☿ ♀); Emery, Ann. dell' Acad. degl. Asp. Nat. 1869 (☿ ♀ ♃ ♂); Forel, Fourmis de la Suisse, 1874 (nymphes, ♂). ☿, ♀, ♃, ♂. Nymphes nues. Abdomen comme chez les *Camponotus,* mais plus étroit et plus allongé. Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. La fourmilière se compose de quatre sortes d'individus.

☿ : Tête obtuse et légèrement aplatie antérieurement, mais pas tronquée; la surface aplatie passe insensiblement au reste. Thorax comprimé postérieurement. Jambes courtes. Du reste identique à la ☿ *min.* du genre *Camponotus.* Pas d'ocelles.

♃ : Tête longue, dilatée et tronquée antérieurement. Les antennes s'insèrent derrière la troncature qui comprend les mandibules, la partie antérieure des joues et du chaperon, la fosse clypéale. Du reste identique à la ☿, mais un peu plus grand. Pas d'ocelles.

♀ : Tête tronquée comme celle du soldat, mais plus faiblement. Corps plus long et plus étroit.

♂ : Comme chez le genre *Camponotus,* mais premier article du funicule de l'antenne renflé à l'extrémité, deux fois long et épais comme le suivant.

5. *Genre.* MAYRIA n. g. ☿. Abdomen extrêmement long et étroit, à premier segment plus mince que le second, insensiblement aminci d'arrière en avant, et fort bas. Tout le corps allongé et étroit. Pédicule surmonté d'un nœud épais. Arêtes frontales recourbées en S, mais distantes et fortement divergentes. Dernier article des antennes un peu dilaté. Du reste comme le genre *Camponotus* (aussi les palpes, le gésier et l'appareil vénénifique).

6. *Genre.* MYRMECOPSIS SMITH, J. Proc. Linn. Soc. 1865 (☿). ☿. Une seule caste de ☿ variant de taille, mais pas de forme. Thorax, jambes, écaille et abdomen identiques à ceux du genre *Colobopsis* ☿. Palpes max. de 6, lab. de 3 (?) articles. Tête allongée à bords latéraux presque parallèles, divergeant un peu en arrière, et à bord postérieur rectiligne. Yeux composés très-gros, bombés, formant un ovale court, et occupant plus du tiers, mais moins de la moitié du bord latéral de la tête dont ils atteignent l'angle postérieur. Pas d'ocelles. Arêtes frontales distantes, divergeant fortement en arrière. Aire frontale indistinctement délimitée. Chaperon avancé devant, au milieu, en lobe arrondi. Mandibules à cinq dents. Dessous de la tête

sans arêtes. Premier article du funicule des antennes égal en longueur aux deux suivants réunis[1].

7. *Genre.* GIGANTIOPS ROGER[2], Berl. entom. Zeitschr. 1863 (Catalogue). ☿, ♀. Une seule sorte de ☿ variant peu de taille et pas de forme. ♀ un peu plus grande que la ☿. Tête grande, triangulaire, légèrement convexe postérieurement (et non pas échancrée comme le prétend Smith). Antennes articulées seulement un peu en arrière des bords postérieurs du chaperon. Chaperon caréné, prolongé devant, au milieu, en un grand lobe fort allongé et tronqué antérieurement qui recouvre en partie les mandibules. Le bord antérieur du chaperon se continue sous la tête, de chaque côté, sous la forme d'une arête très-élevée qui s'étend parallèlement à celle de l'autre côté jusqu'à la hauteur du trou occipital avec le bord supérieur duquel toutes deux vont se confondre. La face interne de chaque arête forme une gouttière qui sert à loger le palpe maxillaire du même côté. Aire frontale triangulaire, pas très-distincte. Arêtes frontales rapprochées, courtes, concaves en dehors, divergeant en arrière. Mandibules grandes, à long bord terminal muni de 10 à 11 dents inégales. Yeux composés énormes, proéminents, ovales, allongés, occupant presque toute la longueur du bord de la tête. Trois ocelles sur le vertex, chez la ☿ et la ♀. Palpes maxillaires de six articles, très-longs, atteignant presque le bord postérieur du prothorax lorsqu'on les étend en arrière. Antennes longues, filiformes; premier article du funicule de la longueur du second; dernier article presque double de l'avant-dernier. Thorax de la ☿ simple, allongé, étroit, bas, entier, à sutures peu profondes. Pattes longues. Pédicule surmonté d'un nœud cunéiforme, comprimé latéralement, plus long à sa base que large,

---

[1] La description de Smith est incomplète et sa figure fausse.

[2] J'ai pu parfaire la description jusqu'ici fort incomplète de ce curieux genre sur des ☿ de *G. destructor* du musée de Paris que j'avais déterminées il y a quelques années, et dont M. Künkel a eu l'obligeance de m'envoyer deux échantillons.

peu élevé, à sommet obtus. Abdomen ovale; premier segment long comme le second.

8. *Genre.* ŒCOPHYLLA SMITH, **Journ. Proc. Linn. Soc. V. Suppl. 1860.** ☿, ♀, ♂. Une seule sorte de ☿ variant de taille mais pas de forme. ♂ de la taille de la ☿; ♀ beaucoup plus grande et surtout beaucoup plus large que le ♂ et la ☿. Calice du gésier assez fortement évasé antérieurement. Palpes maxill. de 5, lab. de 4 articles. Premier article du funicule des antennes un peu plus long que les deux suivants réunis (chez le ♂, à peine de la même longueur). Pas d'arêtes sous la tête. Chaperon avancé devant au milieu en un lobe arrondi. Aire frontale triangulaire, distincte. Arêtes frontales courtes, parallèles, droites. Abdomen ovale; son premier segment est un peu moins long que les deux suivants réunis. Pattes et antennes très-longues.

☿ : Tête grande, arrondie, bombée, un peu échancrée postérieurement. Yeux gros, bombés, formant un ovale court, et situés au milieu du bord latéral de la tête dont ils n'occupent pas le tiers. Pas d'ocelles. Mandibules longues, analogues à celles du genre précédent, mais terminées par une dent très-grande. Thorax très-étroit et allongé; mésothorax fortement étranglé; pro et métathorax renflés. Devant du prothorax rétréci en forme de cou. Pédicule allongé, sans écaille ni nœud, rétréci en avant, un peu dilaté et élevé en arrière.

♀ : Tête, yeux composés, mandibules comme chez la ☿. Thorax très-large. Abdomen très-large et assez court. Ailes très-longues. Pédicule assez court, surmonté d'un nœud cunéiforme, bas.

♂ : Etroit. Yeux gros. Thorax grand. Pronotum extrêmement court. Pédicule et abdomen presque comme chez la ☿; ce dernier très-petit. 1er article du funicule des antennes renflé à l'extrémité. Ailes très-longues.

2me Tribu.

Gésier plus court et plus large, à calice droit (Fourmis de la Suisse, fig. 19). Antennes de 12 articles chez les ☿, de 13 chez les ♂. Fosse clypéale réunie à la fosse antennaire. L'insertion des antennes est contiguë aux coins postérieurs du chaperon. Ce dernier ne se prolonge pas entre les insertions des antennes. Mésothorax des ☿ étranglé. Ailes des ♀ et des ♂ à une cellule cubitale et une discoïdale, mais cette dernière fait parfois défaut.

9. *Genre.* MYRMECOCYSTUS WESMAEL[1], Bull. Acad. roy. Sc. et bell. lett. Brux. 1838. 770 (☿), (*Cataglyphis* Fœrster, Verh. d. Nat. Ver. d. Rheinl. 1850; Mayr, Europ. Formic. 1861 ☿ ♀ ♂; *Monocombus* Mayr, Verh. d. zool.-bot. Ver. in Wien. 1855). ☿, ♀, ♂. Peu de différence de taille entre les trois sexes. La ☿ varie tantôt peu, tantôt beaucoup, suivant les espèces. Chez le *M. bombycinus*, les grosses ☿ forment une caste à part (♃) à grosse tête et à immenses mandibules croisées comme deux épées. Chez le *M. melliger*, une partie des ☿ forment une caste à abdomen extrêmement dilaté servant de réservoir à miel pour la fourmilière. Palpes maxill. de 6, lab. de 4 articles. Le 4me article des longs palpes max. presque deux fois long comme le 5me. Mandibules dentées, sauf chez le ♃ de *M. bombycinus*. Arêtes frontales courtes, presque parallèles, un peu concaves extérieurement.

☿ : Trois ocelles sur le vertex. Les articles du funicule des antennes vont en diminuant de longueur de la base à l'extrémité, sauf le dernier qui est plus long que les précédents. Abdomen en général comprimé latéralement.

---

[1] MM. Mayr et Roger admettent le nom plus récent de *Cataglyphis* Först, et placent le nom plus ancien de *Myrmecocystus* Wesm. en synonyme. Quelque impropre que soit ce dernier nom fondé sur une seule espèce, aberrante par son abdomen, l'opinion de MM. Mayr et Roger est absolument inadmissible, étant donnée la règle de priorité acceptée aujourd'hui universellement en entomologie. Dès qu'on déroge une fois à cette règle, il n'y a plus de raison pour s'arrêter, et l'on n'a plus de garantie contre les inconséquences et la confusion.

♀ : Abdomen non comprimé. Ailes courtes, à cellule discoïdale très-petite ou faisant défaut. Du reste comme la ☿.

♂ : Organes génitaux externes gros. Pas de penicilli. Valvules génitales extérieures ayant un appendice en cuiller à leur bord interne. Ailes comme chez les ♀. Tête relativement grande.

10. Genre. POLYERGUS LATREILLE, Hist. nat. Crust. et Ins. XIII. 256. 1805. ☿ ♀ ♂. Nymphes entourées d'un cocon. Une seule sorte de ☿ qui ne varie qu'un peu de taille et de sculpture. ♀ un peu plus grande que la ☿; ♂ de même taille que la ☿. Les ☿, incapables de travailler et même de manger seules, attaquent en phalanges compactes les fourmilières de certaines espèces du genre *Formica* dont elles pillent les larves et les nymphes ☿ qui, écloses et devenues adultes chez leurs ravisseurs, s'y croient chez elles, exécutent tous les travaux domestiques pour ces derniers, et les nourrissent eux et leur progéniture[1]. Mandibules arquées, pointues, sans bord terminal. Palpes max. de 4, lab. de 2 articles.

☿ : Trois ocelles sur le vertex.

♀ : Ailes courtes, à cellule discoïdale distincte.

♂ : Valvules génitales extérieures triangulaires, arrondies à l'extrémité. Tête grande. Abdomen étroit. Ailes comme chez les ♀.

N.B. Chez le *P. rufescens* on rencontre fréquemment des intermédiaires entre la ☿ et la ♀ (☿♀), aptères, à thorax ☿, grandeur, abdomen et ovaires ♀.

11. Genre. FORMICA LINNÉ, Fauna suecica, edit. alt. auct. 1761, 426; Mayr, Europ. Formic. 1861 (sens. strict.). ☿, ♀, ♂. Nymphes tantôt entourées d'un cocon, tantôt nues. ☿ variant de taille, mais pas de forme. ♀ de même taille que les ♂, plus grandes que les ☿. Mandibules triangulaires. Aire frontale très-distincte. Palpes maxill. de 6 articles dont le 4^me^ à peine plus long que le 5^me^; palpes lab. de 4 articles.

---

[1] Il serait peut-être plus exact de considérer les *Polyergus* ☿ comme des ♃; la ☿ ferait alors défaut. Chez le genre *Anergates* (Myrmicide) il n'y a ni ☿, ni ♃, et les ♀ et ♂ sont parasites d'autres fourmis.

☿ : Trois ocelles sur le vertex. Arêtes frontales divergentes, un peu convexes extérieurement (chez *F. aberrans* Mayr presque droites). Mandibules dentées. Abdomen non comprimé latéralement. Antennes comme chez les *Myrmecocystus* dont ce genre est très-rapproché.

♀ : Comme les ☿. Ailes plus longues que chez les *Myrmecocystus,* à cellule discoïdale distincte.

♂ : Organes génitaux externes gros. Des penicilli. Valvules génitales extérieures en forme de couteau, sans appendice. Ailes comme chez les ♀.

12. Genre. LASIUS FABRICIUS, Syst. Piezat. 1804, 415; Mayr, Europ. Formic. 1861 (sens strict.). ☿, ♀, ♂. Nymphes presque toujours entourées d'un cocon. ☿ et ♂ petits, de même taille; ♀ plus grandes ou beaucoup plus grandes. Les ☿ varient peu, et seulement de taille. Mandibules triangulaires. Aire frontale large, peu distinctement délimitée. Palpes comme chez les *Formica.*

☿ : Thorax et pattes relativement moins développés que chez les Formica. Articles 2 à 5 du funicule des antennes plus courts et plus petits que les suivants. Mandibules dentées. Ocelles nuls ou indistincts. Abdomen non comprimé latéralement.

♀ : Articles 2 à 9 du funicule des antennes presque égaux. Ailes à cellule discoïdale ordinairement distincte. Du reste comme les ☿.

♂ : Organes génitaux externes petits; valvules extérieures aplaties, deux fois longues comme la largeur de leur base, arrondies à l'extrémité.

3me Tribu.

Gésier (du moins chez le Brachymyrmex Heeri) très-court, large, à calice très-court et droit. Antennes de 10 articles au plus chez les ☿ et les ♀, de 11 articles au plus chez les ♂. Fosse clypéale réunie à la fosse antennaire. Le chaperon, arrondi postérieurement, s'avance ordinairement plus ou moins entre les insertions des antennes. Ailes des ♂ et des ♀ à une cellule cubitale (chez Brachymyrmex et Gesomyrmex).

13. Genre. BRACHYMYRMEX MAYR, **Annuario della Società dei Naturalisti, Anno III, 1868** (☿ ♂); **Forel, Bull. de la Soc. vaud. des Sc. Nat. XIV, N° 75. 1875** (♀). ☿, ♀ ♂. Nymphes entourées d'un cocon. ♂ et ☿ très-petits; ♀ beaucoup plus grandes. ☿ ne variant qu'un peu de taille, pas de forme. Chaperon à peine prolongé entre les insertions des antennes. Aire frontale triangulaire, distincte. Sillon frontal distinct. Arêtes frontales courtes. Ecaille du pédicule inclinée en avant.

☿ : Antennes de 9 articles; premier article du funicule long comme les deux suivants réunis; dernier article très-long, élargi. Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. Mandibules étroites, courtes, ayant de 4 à 5 dents. Tantôt trois ocelles, tantôt point. Antennes et pattes de longueur moyenne. Chaperon voûté, arrondi postérieurement. Tête échancrée postérieurement. Thorax petit, très-court, non étranglé. Ecaille fortement inclinée en avant, à bord supérieur mince.

♀ : Thorax ovale; le mesonotum n'est ni avancé en avant, ni bossu. Ocelles distants. Ailes sans cellule discoïdale. Du reste exactement comme les ☿.

♂ : Antennes de 10 articles; premier et dernier article du funicule comme chez les ☿. Palpes max. de 4, lab. de 2 articles. Mandibules sans dents, pointues au bout. Mesonotum bossu devant, et prolongé en avant, cachant en partie la tête. Pronotum très-court. Valvules génitales extérieures triangulaires, larges, courtes, arrondies à l'extrémité. Ecaille du pédicule petite. Ailes comme chez les ♀.

14. Genre. MYRMELACHISTA Roger, Berliner entom. Zeitschrift 1863, p. 162 (☿) (*Decamera* Roger, loc. cit. p. 166, ☿ ♀)[1]. ☿, ♀. ♀ beaucoup plus grandes que les ☿ qui ne varient pas (autant qu'on le sait). Antennes de 9 ou de 10 articles, à massue terminale de trois grands articles; premier article du funicule au moins aussi long que les trois suivants réunis. Aire frontale et sillon frontal nuls ou indistincts. Arêtes frontales très-courtes. Mandibules courtes, comme chez le genre précédent. Tête rectangulaire ou peu s'en faut. Chaperon prolongé entre les antennes. Ecaille verticale, à bord supérieur épais. Eperons simples, très-petits. Thorax assez grand et assez allongé. Antennes et pattes courtes.

☿ : Mésothorax étranglé. Pas d'ocelles.

♀ : Ailes inconnues. Du reste rien de particulier.

15. Genre. RHOPALOMYRMEX Mayr, Die Ameisen des baltischen Bernsteins 1868 (☿). *Ce genre n'est connu que fossile, dans l'ambre.* ☿. Antennes de 10 articles dont les quatre derniers forment une massue. Palpes max. de 6 articles. Pas d'ocelles. Arêtes frontales extrêmement courtes. Aire frontale et sillon frontal nuls. Le chaperon n'est pas prolongé entre les insertions des antennes. Thorax nullement étranglé, à dos continu. Ecaille inclinée en avant, à bord supérieur épais. Pattes et antennes de longueur moyenne.

16. Genre. GESOMYRMEX Mayr, Die Ameisen des baltischen Bernsteins 1868 (☿ ♂). *Ce genre n'est connu que fossile, dans l'ambre.* Chaperon prolongé en arrière entre les insertions des antennes.

---

[1] M. le baron de Harold a eu l'obligeance de m'envoyer, pour les confronter, les types du musée de Berlin de la *Myrmelachista Kraatzii* et de la *Decamera nigella* de Roger. A part un petit article des antennes de moins chez la première espèce, je n'ai pu trouver aucune différence générique valable.

Arêtes frontales très-courtes. Aire frontale et sillon frontal nuls. Yeux énormes. Palpes max. de 6 articles. Antennes et pattes assez courtes. Le ♂ est plus grand que la ☿. Antennes sans massue; funicule à premier et dernier article longs (comme chez les *Brachymyrmex*).

☿ : Antennes de 8 articles. Tête grande. Mandibules grandes à long bord terminal denté. Chaperon avancé devant en lobe arrondi. Fosse clypéo-antennaire non imprimée. Yeux énormes, ovales-réniformes, occupant plus de la moitié du bord latéral de la tête (mandibules non comprises). Trois ocelles. Thorax non étranglé, étroit, inerme. Ecaille verticale, ovale, épaisse.

♂ : Antennes de 11 articles. Yeux énormes occupant presque tout le côté de la tête. Mandibules très-courtes, étroites, à peu près cylindriques et pointues au bout. Chaperon non avancé devant. Thorax large. Ailes à une cellule discoïdale; cellule radiale fermée. Valvules génitales extérieures longues, linéaires. Ecaille verticale.

4me Tribu.

Gésier assez étroit et allongé. Calice droit à extrémité antérieure brusquement recourbée en dehors et en arrière (2me type : fig. 2). Antennes de 12 articles chez les ☿ et les ♀, de 13 chez les ♂. Fosse clypéale séparée de la fosse antennaire. L'insertion des antennes est située à peine en arrière des coins postérieurs du chaperon. Ce dernier ne se prolonge pas entre les insertions des antennes. Mésothorax des ☿ plus ou moins étranglé. Ailes des ♂ et des ♀ à une cellule cubitale, avec ou sans cellule discoïdale.

17. Genre. PRENOLEPIS Mayr, **Europ. Formic. 1861** (☿); **Mayr, Verhdl. der K. K. zool. bot. Ges. in Wien, Bd. XII, 1862** (♀); **Mayr Ameisen der Novara-Reise, 1865** (♂). ☿, ♀, ♂. Les ☿ ne varient pas. ☿ et ♂ petits; ♀ beaucoup plus grandes. Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. Arêtes frontales droites. Antennes et pattes grêles.

☿ : Mésothorax étranglé. Pas d'ocelles. Dos de l'abdomen fortement voûté; abdomen apointi à l'extrémité. Mandibules étroites, dentées.

♀ : Aspect général des ♀ de *Lasius*. Du reste rien de particulier.

♂ Ecaille épaisse. Mandibules sans dents. Valvules génitales très-étroites.

5me Tribu.

Gésier à calice entièrement et brusquement réfléchi en parasol (3me type : fig. 3). Antennes de 11 articles chez les ☿ et les ♀, de 12 chez les ♂. Fosse clypéale en partie réunie à la fosse antennaire. L'insertion des antennes est contiguë aux coins postérieurs du chaperon. Le chaperon ne se prolonge pas entre les insertions des antennes. Ailes à une cellule cubitale, avec ou sans cellule discoïdale.

18. Genre. ACANTHOLEPIS MAYR, Europ. Formic. 1861 (☿ ♀); Mayr Verhdl. der K. K. zool. bot. Ges. in Wien. Bd. XII, 1862 (♂). ☿, ♀, ♂. ♀ grandes; ♂ et ☿ petits. Une seule sorte de ☿ ne variant pas de forme et à peine de taille. Palpes max. de 6, lab. de 4 articles.

☿ : Trois ocelles. Mésothorax fortement étranglé. Metanotum bossu, bidenté. Ecaille bidentée.

♀ : Comme les ☿, sauf l'étranglement du thorax et les dents du metanotum qui font défaut.

♂ : Ecaille sans dents. Thorax comme chez la ♀. Valvules génitales extérieures petites, formant un triangle allongé, arrondies à l'extrémité.

19. Genre. PLAGIOLEPIS MAYR, Europ. Formic. 1861 (☿ ♀ ♂). ☿, ♀, ♂. ♀ grandes; ♂ et ☿ petits. Une seule sorte de ☿ variant parfois beaucoup de taille, auquel cas les ☿ maj. ont la tête relativement un peu plus grosse. Nymphes entourées d'un cocon. Ecaille sans dents. Palpes maxill. de 6, lab. de 4 articles.

☿ : Pas d'ocelles. Mésothorax plus ou moins étranglé. Metanotum sans dents.

♀ : Rien de particulier.

♂ : Valvules génitales extérieures assez grandes, subcirculaires, avec une dent obtuse dirigée en bas.

20. Genre. ACROPYGA Roger[1], Berliner entom. Zeitschr. 1862, p. 242 (☿ ♀). ☿, ♀. Peu de différence de taille entre la ☿ et la ♀. Palpes max. courts de 2, lab. de 3 articles. Chaperon court, large, largement échancré devant. Mandibules étroites, à cinq dents. Abdomen acuminé à l'extrémité. Tête carrée.

☿ : Yeux petits. Pas d'ocelles. Mésothorax à peine un peu échancré.

♀ : Rien de particulier.

Appendice. Le genre MESOXENA Smith (Journ. proceed. Linn. Soc. V. Suppl. p. 106), caractérisé par le manque de sutures entre les segments du thorax, par le pédicule surmonté d'un énorme nœud presque aussi large que le thorax et aussi long que large, enfin par le premier segment de l'abdomen qui recouvre l'abdomen presque tout entier, appartient peut-être à la sous-famille des *Camponotidæ*, quoique Smith en fasse un Ponéride. Mais la description de Smith est si admirablement mauvaise qu'on ne peut en déduire à quelle sous-famille ce genre se rattache.

---

[1] Mayr *(Verhdl d. k. k. z. b. Ges. Bd. XII, 1862, p. 769)* réunit le genre *Acropyga* au genre *Plagiolepis*, tandis que Roger *(Berl. ent. Zeitschr. 1863 Verzeichniss, Anmerkg.)* maintient de nouveau son genre. Mayr (l. c.) met en doute l'exactitude de l'assertion de Roger relativement au nombre des articles des palpes. Je puis confirmer avec certitude complète cette donnée de Roger. Il est certain que les trois genres *Acantholepis, Plagiolepis* et *Acropyga* sont fort rapprochés, mais si l'on veut réunir, il faut réunir tous les trois.

C. Genres des *Dolichoderidæ*.

1. Genre. TECHNOMYRMEX[1] Mayr, Annali del Museo civico di Storia Naturale di Genova. Vol. II, 1872 (☿ ♀). ☿, ♀. La ☿ ne varie pas. ♀ un peu plus grande que la ☿. L'orifice du cloaque est grand, apical, en fente transversale, non cilié; *mais l'abdomen vu de dessus laisse voir tous ses segments dont le dernier est conique et terminal* (comme chez les *Poneridæ* et les *Myrmicidæ*), ce qui distingue ce genre de *tous* les autres *Dolichoderidæ.* Gésier court et large, à calice grand, réfléchi, et à partie moyenne à peine marquée (fig. 7). Les sépales ne sont pas distinctes de la cuticule intersépalaire qui est parsemée de petits anneaux chitineux microscopiques. Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. Fosse clypéale réunie à la fosse antennaire. Chaperon prolongé entre les insertions des antennes. Aire frontale grande, indistincte. Eperons de toutes les jambes fortement pectinés. Ecaille entièrement couchée et collée au pédicule. Dos de l'abdomen prolongé en avant et recouvrant le pédicule. Glandes anales inconnues.

☿ : Mésothorax étranglé.

♀ : Ailes à deux cellules cubitales, sans cellule discoïdale.

2. Genre. BOTHRIOMYRMEX[2] Emery, Annuario del Museo Zoologico della R. Univ. di Napoli. Anno V, p. 117. 1870 (♀ ♂); Forel, Fourmis de la

---

[1] Mayr fait *Technomyrmex* et *Iridomyrmex* féminins, tandis qu'il fait *Leptomyrmex, Stenomyrmex,* etc., masculins. Le mot grec μυρμηξ étant ordinairement masculin, et la logique réclamant une règle uniforme, il me semble qu'on doit faire tous ces noms masculins et dire *Technomyrmex strenuus,* etc.

[2] Mayr *(Die Australischen Formiciden 1876)* décrit sous le nom de *Tapinoma pusillum* une fourmi qui n'a guère que le pédicule des *Tapinoma* et se rapproche du reste extrêmement du genre *Bothriomyrmex.* Mais ses palpes max. sont de 2 articles, et ses palpes lab. aussi. Ne possédant pas cette fourmi, et ne pouvant par conséquent pas la disséquer, je ne puis rien décider à son sujet.

Suisse, p. 24 et 60 (☿). ☿, ♀, ♂. La ☿ ne varie pas. ☿ ♀ et ♂ de même taille. Palpes max. de 4, lab. de 3 articles. Gésier (fig. 4) à calice assez grand, réfléchi, à sépales distinctes, en forme d'ancre; cuticule intersépalaire mince et transparente. Fosse clypéale réunie à la fosse antennaire. Chaperon un peu prolongé entre les insertions des antennes. Aire frontale triangulaire. Ecaille non collée au pédicule, un peu inclinée en avant.

☿ : Dernier segment de l'abdomen caché sous le 4^me qui est terminal, pygidium vertical ou dirigé d'arrière en avant (ce caractère se répète chez tous les genres suivants de la sous-famille). Chaque glande anale a un conduit sécréteur central qui reçoit tous les petits conduits des cellules. Contenu des vessies anales inodore et ne changeant pas à l'air. Les deux tubes libres de la glande vénénifique débouchent directement dans le bouton terminal qui se trouve seul dans l'intérieur de la vessie (c'est le seul genre qui ait ce caractère). Dos de l'abdomen un peu prolongé en avant. Thorax non étranglé. Pas d'ocelles.

♀ : Ailes à une cellule discoïdale et une seule cellule cubitale; la nervure transverse s'unit au rameau cubital externe seulement. Du reste comme les ☿.

♂ : Valvules génitales extérieures en forme de couteau, arquées, acuminées. Ailes comme chez les ♀.

3. *Genre.* IRIDOMYRMEX Mayr, Verhdl. d. k. k. zool. bot. Ges. in Wien, Bd. XII, 1862, p. 702 (☿); Mayr Die Ameisen der Novara Reise 1865 (☿ ♂); Mayr Tijdschrift voor Entomologie, Dl. X.1867 (♀) (*Hypoclinea* Mayr, Die Am. d. balt. Bernsteins 1866 [en part.]; Mayr, Verhdl. d. k. k. z. b. Gesellsch. 1870 [5^me groupe]; Mayr, Die Austral. Formiciden 1876 [en part.])[1]. ☿. ♀. ♂. Les ☿ va-

---

[1] Dans ses derniers travaux Mayr ayant cru trouver des formes intermédiaires entre ses genres *Hypoclinea* et *Iridomyrmex* les a réunis en un seul. Les caractères externes de ces deux genres sont en effet peu constants, surtout ceux du thorax et de la forme de la tête. Cependant l'étude anatomique d'un certain nombre d'espèces les plus disparates de ces deux genres m'a montré des différences constantes qui me paraissent être profondes. Les *Dolichoderus (Hypoclinea), attelaboides, bispinosus, sulcaticeps, quadripunctatus* ont tous la peau chitineuse raide, cassante, friable ;

rient très-peu, et seulement de taille. ☿ et ♂ de même taille; ♀ beaucoup plus grandes. Gésier analogue à celui du genre précédent, mais le calice réfléchi est encore beaucoup plus grand, recouvre entièrement le reste du gésier et touche à l'estomac (fig. 5 et 6). Cuticule intersépalaire un peu épaissie et rousse (chitinisée). Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. Chaperon un peu prolongé entre les insertions des antennes. Fosse clypéale réunie à la fosse antennaire. Aire frontale triangulaire, indistincte. Ecaille du pédicule verticale, inerme. Sculpture du corps très-fine; peau chitineuse élastique. Tous les éperons pectinés.

☿ : Cellules des glandes anales ayant chacune un conduit qui débouche séparément dans l'une des vessies anales. Contenu des vessies anales odorant et devenant résineux à l'air. Tête élargie et souvent échancrée postérieurement. Mésothorax plus ou moins étranglé. Thorax inerme. Metanotum arrondi, ordinairement sans arête transversale entre sa face basale et sa face déclive. Pas d'ocelles.

♀ : Comme les ☿, sauf le thorax et les ocelles.

♀ et ♂[1] : Les ailes varient énormément, non-seulement suivant les espèces, mais encore suivant les sexes et les individus. Les ♀ d'*I. gracilis* et d'*I. purpureus* ont deux cellules

---

leur gésier n'a pas de calice (fig. 10); leurs intestins ont un aspect particulier à la dissection. Les *Iridomyrmex purpureus, crudus, glaber*, *Mc Cooki* ont la peau chitineuse élastique, non cassante, comme la plupart des autres fourmis; leur gésier a un énorme calice retroussé qui recouvre tout le reste (fig. 5); leurs intestins ont l'aspect de ceux des autres fourmis. La différence entre les deux formes du gésier est si éclatante et si absolument constante chez les espèces disséquées que je ne puis croire à des formes intermédiaires, et cela d'autant moins que l'*I. glaber* avec son metanotum cubique et les *D. bispinosus* et *sulcaticeps* avec leur tête souvent élargie en arrière sont précisément au nombre des espèces qui semblent former le passage. Les espèces *cuspidatus* et *Kirbyi* sont sans aucun doute des *Dolichoderus*. Le *Dolich. decollatus* n'ayant de son côté aucun caractère ni externe ni interne qui le distingue des anciennes *Hypoclinea* de Mayr, ces dernières doivent être réunies au genre *Dolichoderus*.

[1] Mayr (l. c.) donne comme caractéristique du ♂ du genre *Iridomyrmex :* « *Hypopygium non exsectum.* » Je trouve cependant l'*hypopygium* fortement échancré chez les *I. purpureus* et *gracilis* ♂.

cubitales ; les ♂ n'en ont qu'une. Chez la ♀ d'*I. purpureus*, la nervure transverse traverse le rameau cubital externe loin du point de partage de la nervure cubitale ; chez le ♂ elle s'unit à la nervure cubitale presque au point de partage. Chez une ♀ d'*I. rufoniger* je trouve trois cellules cubitales à une aile et deux à l'autre, tandis que les ♂ n'en ont qu'une, etc.

♂ : Valvules génitales extérieures triangulaires, plus ou moins allongées.

4. *Genre.* DORYMYRMEX Mayr, Sitzungsb. d. k. Akad. d. math. naturw. Cl. Bd. LIII 1. Abth 1866 (♀ ♂) ; Mayr, Annuario della Soc. dei Natural. Anno III. 1868 (☿). ☿, ♀, ♂. Identique au genre précédent, mais gésier analogue à celui du genre *Bothriomyrmex*. Aire frontale courte, assez distincte.

☿ : Presque toujours un collier de poils longs sous la tête (comme chez le genre *Pogonomyrmex*). Mésothorax à peine étranglé. Un cône ou une dent entre la face basale et la face déclive du metanotum. Eperons pectinés. Glandes anales inconnues. Pas d'ocelles.

♀ : Eperons des jambes postérieures et médianes simples. Du reste identiques aux ♀ du genre précédent. Ailes à deux cellules cubitales.

♂ : Comme les ♀. Valvules génitales extérieures comprimées, sublinéaires, arrondies à l'extrémité.

5. *Genre.* LIOMETOPUM Mayr, Europ. Formic. 1861 (☿, ♀, ♂). ☿, ♀, ♂. Les ☿ varient beaucoup de taille, mais pas de forme. Les ♂ sont plus grands que les ☿, et les ♀ encore plus grandes. Gésier à boule allongée et étroite ; calice réfléchi, assez grand, assez faiblement chitinisé ; les sépales sont peu distinctes de la cuticule intersépalaire (Fourm. de la Suisse, fig. 34). Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. Chaperon fortement prolongé entre les articulations des antennes, à côtés relevés et proéminents. Le reste de la tête, l'écaille, l'abdomen, la sculpture du corps, la peau chitineuse, les éperons, comme chez le genre *Iridomyrmex*.

☿ : Glandes anales et contenu des vessies anales comme chez le genre *Iridomyrmex.* Thorax non étranglé, inerme, à dos continu; metanotum arrondi, sans limite entre sa face basale et sa face déclive. Trois ocelles ordinairement.

♀ : Ailes à deux cellules cubitales. Du reste rien de particulier.

♂ : Organe génitaux externes très-gros, formant le tiers de la longueur de l'abdomen; valvules extérieures triangulaires. Tête très-petite.

6. *Genre.* AZTECA n. g.[1]. (*Liometopum* Roger, Berl. entom. Zeitschr. 1863, p. 167, ♀ ; Mayr, Verhdl. d. k. k. zool. bot. Ges. in Wien 1870, p. 960. [en part.] ; *Iridomyrmex* Mayr, Sitzb. d. K. Akad. d. math. naturw. Cl. Bd. LIII, 1 Abth. 1866, ☿ ♃). ☿, ♃, ♀. Deux castes d'ouvrières distinctes : la ☿, plus petite, ne variant pas, à tête ordinaire; le ♃, plus grand, à grosse tête. Les ♀ sont beaucoup plus grandes, même que les ♃. Gésier à calice réfléchi, très-court; cuticule intersépalaire chitinisée presque comme les sépales (fig. 8). Palpes max. de 6, lab. de 4 articles dont les deux derniers à demi soudés entre eux. Chaperon à côtés relevés, proéminents, comme chez le genre précédent; mais il est faiblement prolongé entre les insertions des antennes. Aire frontale, fosses clypéale et antennaire, écaille, sculpture du corps, peau chitineuse, glandes anales et contenu des vessies anales, comme chez le genre *Iridomyrmex.* Glande et vessie à venin rudimentaires, grosses ensemble comme une cellule du corps graisseux.

☿ et ♃ : Pas d'ocelles à l'ordinaire.

♀ : Ailes à une cellule cubitale et une cellule discoïdale.

---

[1] Je suis obligé de fonder provisoirement ce genre sur l'espèce *A. xanthochroa* Rog. (*sericea* Mayr), espèce que Mayr a fait rentrer une fois dans le g. *Liometopum* et une autre fois dans le g. *Iridomyrmex,* mais qui se distingue de ces deux genres par son gésier et ses deux castes de ☿. Très-rapproché aussi des *Tapinoma*, ce genre s'en distingue par son écaille verticale et par ses deux castes de ☿. S'il faut le fondre un jour, ce ne sera pas avec l'un ou l'autre de ses voisins, mais avec tous ensemble.

7. *Genre.* TAPINOMA Förster, Hymenopt. Studien I. 1850, p. 43; Mayr, Europ. Formic. 1861 (☿ ♀ ♂), (*Micromyrma* Dufour, Ann. Soc. entom. de France, 1857, p. 60, ☿, Roger, Berl. ent. Zeitschr. 1859, p. 240). ☿, ♀, ♂. Les ♂ et les ♀ sont de même taille, un peu plus grands que les ☿. Ces dernières diffèrent entre elles de taille, mais pas de forme. Gésier très-large, très-court, du reste analogue à celui du genre *Azteca,* mais calice encore plus court (Fourmis de la Suisse, fig. 24, 25, 26). Chaperon fortement prolongé entre les insertions des antennes. Palpes max. de 6, lab. de 4 articles *(T. pusillum* Mayr, voy. g. *Bothriomyrmex).* Tête, sculpture du corps, peau chitineuse comme chez le genre *Iridomyrmex.*

☿ : Ecaille petite, couchée et soudée au pédicule. Dos de l'abdomen prolongé en avant et recouvrant entièrement le pédicule. Mésothorax à peine étranglé, inerme; metanotum court. Pas d'ocelles. Eperons pectinés à toutes les jambes. Glandes anales et contenu des vessies anales comme chez les *Iridomyrmex.*

♀ : Comme les ☿. Ailes ayant ordinairement une seule cellule cubitale; la nervure transverse s'unit ordinairement au point de partage de la nervure cubitale.

♂ : Organes génitaux externes assez gros; les valvules extérieures en forme de cuillers, convexes extérieurement. Ailes comme chez les ♀. Ecaille épaisse en forme de nœud, collée au pédicule.

8. *Genre.* LINEPITHEMA Mayr, Sitzb. d. k. Akad. d. wiss. math. naturw. Cl. Bd. LIII. 1 Abth. 1866 (♂). ♂. Corps étroit, allongé. Palpes max. de 6 articles. Aire frontale indistincte. Chaperon un peu prolongé entre les antennes, ayant postérieurement une forte impression transversale courbée. Ailes à deux cellules cubitales et une discoïdale. Valvules génitales extérieures courtes, semi-circulaires, cachées; valvules moyennes longues, filiformes, poilues; valvules internes encore plus longues, lamelliformes, terminées postérieurement par une longue épine courbée, et munies, en dessous, d'une dent triangulaire et pointue. Ce genre n'est fondé que sur le ♂ d'une espèce.

9. *Genre.* DOLICHODERUS LUND, Annales des Sc. Nat. XXIII. 1831; Forel, Zeitsch. f. wiss. zool. Bd. XXX. Suppl. 1878, p. 50. (*Hypoclinea* Mayr, Verhandl. des K. zool. bot. Vereins in Wien, Bd. V, 1855; Mayr Europ. Form. 1861, ☿, ♀, ♂; *Monacis* Roger, Berl. ent. Zeitschr. 1862, p. 233). ☿, ♀, ♂. Une seule caste de ☿ variant à peine de taille et pas de forme; ♀ un peu plus grande que la ☿; ♂ variant de la taille de la ☿ à celle de la ♀. Gésier étroit, plus ou moins allongé, sans calice et sans partie moyenne (fig. 10; Fourm. de la Suisse, fig. 27). Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. Sculpture du corps plus ou moins grossière; peau chitineuse cassante. Tête généralement plus ou moins ovale. Fosse clypéale réunie à la fosse antennaire. Chaperon comme chez les *Iridomyrmex.* Ecaille tantôt simple, tantôt épineuse, tantôt en forme de nœud. Tous les éperons pectinés.

☿ : Pas d'ocelles. Glandes anales comme chez le genre *Iridomyrmex,* mais contenu des vessies anales inodore, ne changeant pas à l'air. Abdomen ordinairement arrondi, non prolongé en avant. Thorax extrêmement variable, suivant les espèces, mais toujours plus ou moins étranglé, à metanotum presque toujours anguleux ou épineux.

♀ : Ailes à deux cellules cubitales. Du reste rien de particulier.

♂ : Ailes comme chez les ♀. Valvules génitales extérieures variables.

10. *Genre.* LEPTOMYRMEX MAYR, Verhandl. d. K. K. zool. bot. Gesellsch. in Wien. Bd. XII, 1862 (☿). ☿. Une seule forme de ☿ connue, laquelle ne varie pas. Gésier large, assez court, sans calice ni partie moyenne; la portion valvulaire est énormément développée dans tous les sens (fig. 9). Glandes anales inconnues. Fosse clypéale séparée de la fosse antennaire. Antennes insérées aux coins postérieurs du chaperon. Palpes max. de 6, lab. de 4 articles. Mésothorax rétréci. Tête rétrécie en arrière. Pédicule surmonté d'un nœud. Peau chitineuse et sculpture comme chez les *Iridomyrmex.* Tout le corps très-étroit et

très-allongé; antennes et pattes très-longues. Forme générale analogue à celle des petites ☿ de certains *Camponotus.*

N.B. Parmi les dix genres qui composent la sous-famille des *Dolichoderidæ,* les seuls qui soient bien distincts sont *Technomyrmex, Dolichoderus, Leptomyrmex,* et peut-être *Bothriomyrmex.* De *Linepithema,* le ♂ seul est connu. Les cinq autres genres sont extrêmement rapprochés les uns des autres, et devront peut-être être fondus en un seul quand on connaîtra plus d'espèces, et surtout quand on connaîtra mieux les sexes ailés.

EXPLICATION DES FIGURES

a) *Désignations communes à toutes les figures.*

j. = Jabot.
e. = Estomac.
s. = Sépales du calice du gésier.
valv. = Portion épaissie de la cuticule (*intima*) du gésier formant les quatre valvules qui ferment à volonté le canal intestinal.
b. = Boule du gésier.
cyl. = Partie moyenne ou cylindrique du gésier.
btn. = Partie postérieure ou bouton du gésier.
m. j. = Muscles du jabot avec la matrice de la cuticule (épithélium) et ses noyaux.
m. g. = Muscles circulaires (transversaux) ou constricteurs du gésier en général. (*m. constrictores gigeriorum.*)
m. e. = Muscles de l'estomac avec la *tunica propria* de ce dernier.
m. s. = Muscles circulaires du calice du gésier.
t. m. s. = Leurs tendons.
m. b. = Muscles circulaires de la boule du gésier.
t. m. b. = Leurs tendons.

m. cyl. = Muscles circulaires de la partie moyenne ou cylindrique du gésier.

m. c. j. g. = Muscles circulaires de la partie retroussée du jabot qui recouvre le calice recourbé (réfléchi) du gésier. Ces muscles qui font partie du système *constrictores gigeriorum* ne se trouvent que chez les genres *Prenolepis, Plagiolepis*, *Acantholepis* et *Acropyga.*

m. l. = Muscles libres tendus en cordages entre le jabot, le gésier et l'estomac.

m. dil. gig. = Muscles longitudinaux ou dilatateurs du gésier, au nombre de quatre, avec les noyaux de leur sarcolemme (*M. dilatatores gigeriorum*).

t. m. dil. gig. = Leurs tendons.

o. = Orifice du bouton du gésier dans l'estomac.

vid. g. = Cavité du gésier.

vid. j. = Cavité du jabot.

x. = Point le plus antérieur où la cavité du gésier soit à l'ordinaire fermée par les valvules.

j. r. = Paroi du jabot retroussée par le calice réfléchi du gésier.

cut. j. = Cuticule (*intima*) du jabot.

cut. g. = Cuticule (*intima*) du gésier en général.

cut. j. r. = Cuticule du jabot retroussée par le calice réfléchi du gésier.

cut. i. s. = Cuticule du calice du gésier entre les sépales ou cuticule intersépalaire (continuation directe de la cuticule du abot).

Valv. sép. = La même chez les gésiers à sépales réfléchies, où elle est lisse, plus fortement chitinisée (épaissie), et où elle forme, avec les sépales, une sorte de parasol (le calice) qui continue et recouvre les valvules et parfois la boule.

cut. b. = Parties concaves extérieurement de la cuticule de la boule du gésier.

côt. b. = Parties convexes, ou côtes de la cuticule de la boule du gésier. Elles sont au nombre de quatre et continuent les quatre sépales.

cut. cyl. = Cuticule (*intima*) de la partie moyenne ou cylindrique du gésier.

cut. btn. int. = Cuticule (*intima*) du bouton du gésier.

cut. btn. ext. = La même continuée et retroussée, formant l'enveloppe externe du bouton du gésier.

y. = Ligne visible au milieu de la section de chaque valvule du gésier, et provenant probablement de la coalescence de chaque aile des sépales avec l'aile correspondante de la sépale voisine.

s. r. = Extrémité recourbée des sépales chez le genre *Prenolepis* (fig. 2).

prop. g. = *Tunica propria* de la partie antérieure du gésier.

périt. g. = Enveloppe péritonéale du gésier.

c. s. = Corps d'une sépale du gésier, autour de la gouttière médiane.

goutt. s. = Gouttière médiane longitudinale de chaque sépale.

goutt. b. = Sa continuation dans chaque côte de la boule.

a. s. = Ailes des sépales.

s. a. s. = Surface idéale longitudinale située au milieu des ailes de chaque sépale, et sur toute l'étendue de laquelle les plis ou lamelles qui forment ces ailes sont brisés à angle obtus.

c·y = Tête en forme de champignon du gésier du *Cryptocerus atratus.* Elle correspond au calice en parasol des gésiers à sépales réfléchies, et se trouve comme lui dans la cavité du jabot.

Valv. ch. = Lobes multiples et irréguliers de cette tête de champignon, formant la face antérieure de l'appareil valvulaire. Ce sont les homologues de la cuticule intersépalaire des gésiers à sépales.

ét. j. = Plis étoilés du jabot du *Cryptocerus atratus.*

ét. g. = Plis étoilés solidifiés de la tête de champignon du gésier du *Crypt. atratus.*

d. = Plis lamelliformes solidifiés de la cuticule, situés tout autour des lobes de la tête de champignon du *Crypt. atratus.*

cel. dig. = Cellules glandulaires (épithéliales) de l'estomac.

mtr. = Matrice (*épithelium*) de la cuticule du canal digestif.

N. mtr. = Noyaux des cellules qui constituent cette matrice.

N. mtr. s. = Noyaux fusiformes de la matrice des sépales du gésier.

N. = Noyaux du sarcolemme, etc.

b) *Figures*[1].

Fig. 1. Gésier du *Camponotus ligniperdus* ☿ Latr. vu de côté, de telle sorte que deux des sépales soient entièrement cachées par les deux autres. Dans cette figure, de même que dans les dix suivantes, excepté la fig. 6, les cuticules sont vues par transparence à travers les muscles, etc. C'est pourquoi l'on voit dans la boule du gésier deux fois le contour de la cuticule, une fois (plus extérieurement) là où elle forme une côte convexe (*côt. b.*) et une fois (plus intérieurement) là où elle est concave extérieurement (*cut. b.*). Ces deux contours sont vus par transparence, et ne sont en réalité pas dans le même plan (comparer avec la coupe transversale fig. 20 *côt. b.* et *cut. b.*). L'estomac est ouvert pour laisser voir le bouton du gésier. Le jabot et l'estomac sont coupés à peu de distance du gésier. Hartnack : Syst. IV, Ocul. 1.

Fig. 2. Gésier de la *Prenolepis vividula* ☿ Nyl. Vu comme le précédent, mais le bouton du gésier est caché par l'estomac. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 2.

Fig. 3. Gésier de l'*Acantholepis Frauenfeldi* ☿ Mayr. Vu comme le précédent, mais en outre on voit la *Tunica propria* de l'estomac et du jabot ainsi que le réseau musculaire de ces deux organes, et les muscles tendus en cordages entre le jabot, le gésier et l'estomac. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 2.

Fig. 4. Gésier du *Bothriomyrmex meridionalis* Roger ☿. Comme fig. 2. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 1.

Fig. 5. Gésier de l'*Iridomyrmex purpureus* ☿ Smith. Comme fig. 2. Hartnack : Syst. IV, Ocul. 2.

Fig. 6. Le même vu de devant (de l'intérieur du jabot). On ne voit que le calice réfléchi; il cache tout le reste. La paroi du jabot n'est pas dessinée. Hartnack : Syst. IV, Ocul. 3.

Fig. 7. Gésier du *Technomyrmex strenuus* ☿ Mayr. Comme fig. 2. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 2.

---

[1] Dans toutes les figures les trachées ont été laissées de côté ainsi que les nerfs, pour ne pas trop charger. De même les détails histologiques (muscles, cellules, etc.) de l'estomac et du jabot ont été supprimés dans la plupart des figures.

Fig. 8. Gésier de l'*Azteca xanthochroa* ♃ Roger. Comme fig. 2. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 2.

Fig. 9. Gésier du *Leptomyrmex erythrocephalus* ☿ Fab. Comme fig. 2. Hartnack : Syst. IV, Ocul. 3.

Fig. 10. Gésier du *Dolichoderus attelaboides* ☿ Fab. Comme fig. 1. Hartnack : Syst. IV, Ocul. 2.

Fig. 11. Gésier du *Cryptocerus atratus* ☿ Linné. Comme fig. 1, mais le réseau musculaire du jabot et de l'estomac est dessiné. Hartnack : Syst. IV, Ocul. 1.

Fig. 12. Le même vu de devant. Comme fig. 6. On ne voit que la tête de champignon qui cache le reste. Hartnack : Syst. IV, Ocul. 2.

Fig. 13. Une petite partie de la cuticule du jabot du *Cryptocerus atratus* ☿, pour montrer ses plis en forme d'étoiles. *a* : un pli étoilé ratatiné (état normal quand le jabot est vide). *b* : un pli étoilé en partie distendu. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 2.

Fig. 14. Une petite partie de la cuticule épaissie de la tête de champignon du gésier du *Crypt. atratus* ☿, vers le bord d'une valvule. Les plis étoilés (ét. g.) et lamelliformes (d) sont complètement enraidis et ne peuvent plus être distendus. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 2.

Fig. 15. Coupe longitudinale idéale (dessinée d'après le gésier entier vu de côté par transparence) à travers le bouton du gésier du *Dorymyrmex pyramicus* Roger ☿, pour montrer comment la cuticule interne (*intima*) du gésier, arrivée à l'orifice (o) du bouton se retrousse et revient vers la paroi de l'estomac, formant ainsi l'enveloppe externe du bouton. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 2.

Fig. 16. Coupe longitudinale à travers la partie antérieure du gésier du *Camponotus ligniperdus* ☿ Latr., suivant la ligne $\varphi\ \omega$ des figures 17 et 19. Une des moitiés de la coupe n'est dessinée qu'en partie. Hartnack : Syst. VII, Ocul. 1.

Fig. 17. Coupe transversale à travers le calice du gésier du *Camponotus ligniperdus* ☿, suivant la ligne $\varepsilon\ \eta$ de la figure 1. Hartnack : Syst. IX, Ocul. 2.

Fig. 18. Une partie de la coupe précédente (la moitié d'une sépale) fortement grossie. Seibert : Immers. VIII avec Hartnack : Ocul. 2.

Fig. 19. Coupe transversale-oblique à travers la région des

valvules du gésier du *Camponotus ligniperdus* ☿, suivant la ligne θ λ de la figure 1. Hartnack : Syst. IX, Ocul. 1.

Fig. 20. Coupe transversale à travers la boule du gésier du *Bothriomyrmex meridionalis* Rog. ☿, suivant la ligne γ δ de la figure 4. Seibert : Immers. VIII avec Hartnack : Ocul. 3.

Fig. 21. Coupe transversale à travers le gésier (région du calice réfléchi) du *Bothriomyrmex meridionalis* ☿, suivant la ligne α β de la figure 4. La paroi (cut. j.; m. j.) du jabot, entraînée et retroussée par les sépales réfléchies du gésier, forme dans la coupe transversale une circonférence autour du gésier. Seibert : Immers. VIII avec Hartnack : Ocul. 1-2.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. Vol. XV. Pl. XXIII.

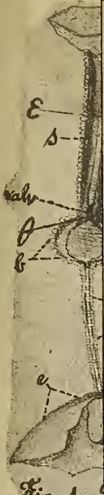


Fig. 1.

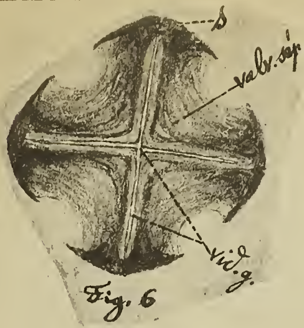

s
valv. sép
vid. g.

Fig. 6

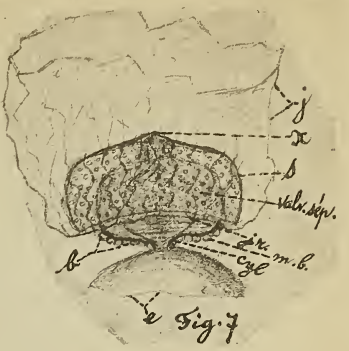
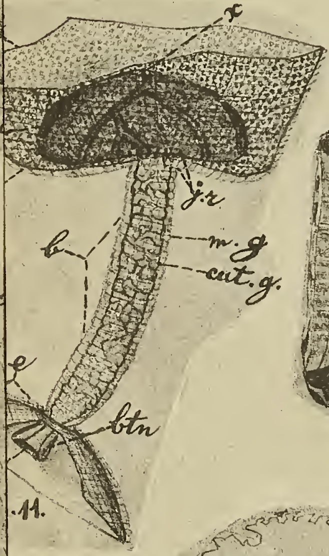

j
x
s
valv. sép.
j. r.
m. b.
cyl
b
e

Fig. 7


x
j. r.
m. g
cut. g.
b
c
e
btn

.11.

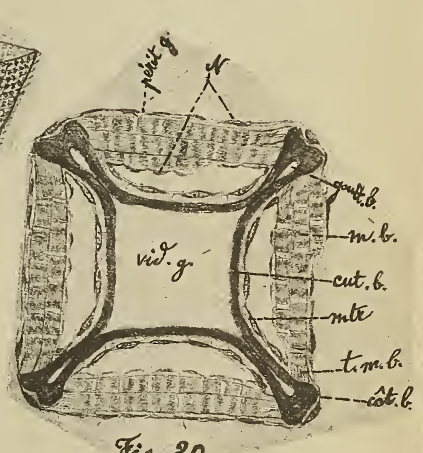

petit g.
N
goutt. b.
m. b.
vid. g.
cut. b.
mtr
t. m. b.
côt. b.

Fig. 20

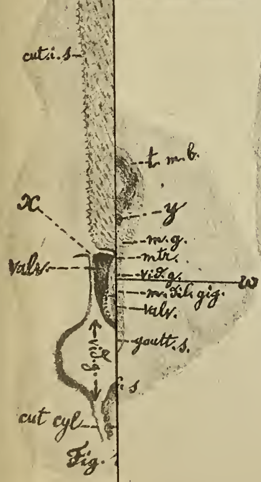

cut. i. s.
t. m. b.
y
x
m. g.
mtr.
valv.
vid. g.
m. cil. gig.
w
valv.
goutt. s.
vid. g.
s.
cut cyl.

Fig.

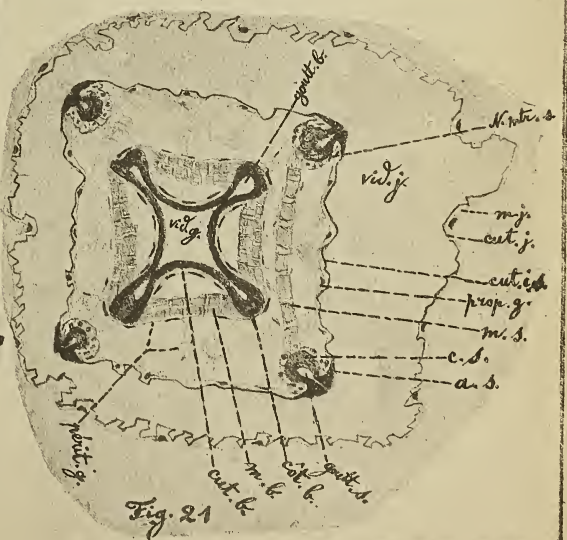

goutt. b.
N. mtr. s.
vid. j.
vid. g.
m. j.
cut. j.
cut. i. s.
prop. g.
m. s.
c. s.
a. s.
petit. g.
cut. b.
m. b.
côt. b.
goutt. s.

Fig. 21

Lichtdruck von M. Gemoser, München.

A. Forel. Gésier des fourmis.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. Vol. XV. Pl. XXIII.

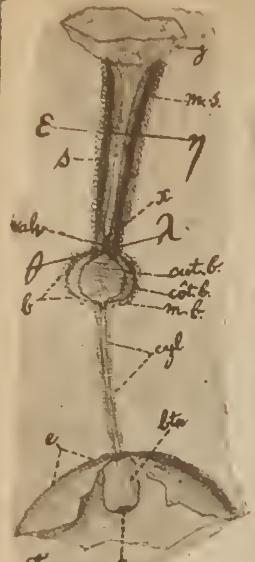

j
m.s.
ε
η
s
x
valv
λ
θ
cut.b.
côt.b.
m.b.
b
cyl
btn
e
o

Fig. 1.

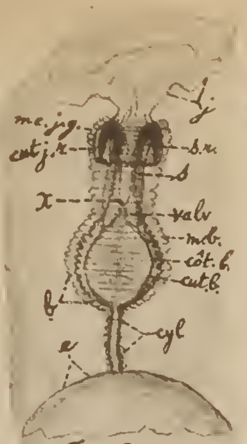

j
m.c.j.g.
cut.j.r.
s.r.
s
x
valv
m.b.
côt.b.
cut.b.
b
cyl
e

Fig. 2.

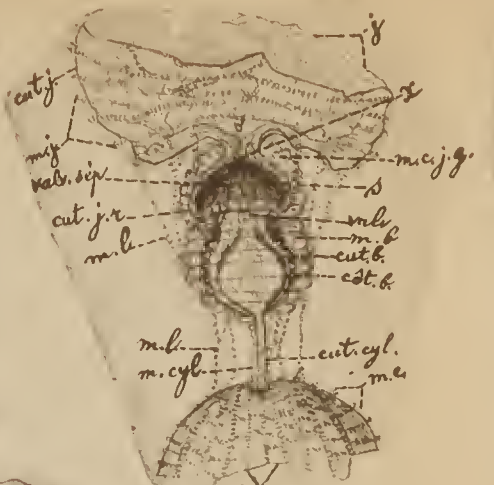

y
cut.j.
x
m.j.
m.c.j.g.
valv.sép.
s
cut.j.r.
m.b.
m.b.
m.b.
cut.b.
côt.b.
m.b.
m.cyl.
cut.cyl.
m.e.
e

Fig. 3

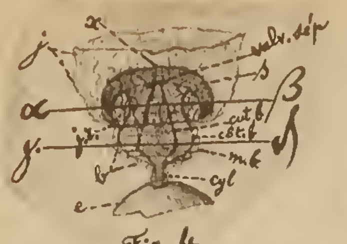

x
j
valv.sép.
s
α
β
cut.b
côt.b
γ
j.r.
m.b
δ
b
cyl
e

Fig. 4

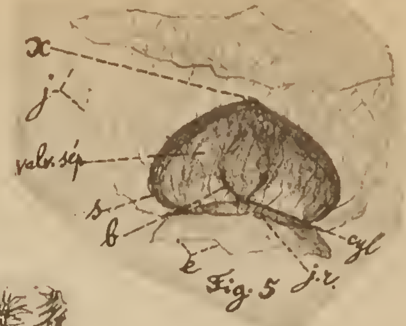

x
j
valv.sép.
s
b
e
j.r.
cyl

Fig. 5

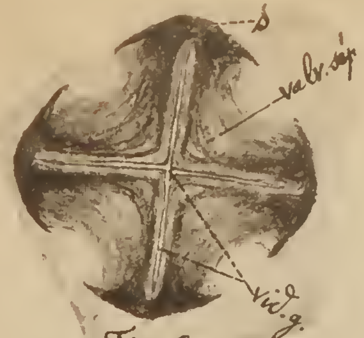

s
valv.sép.
vid.g.

Fig. 6

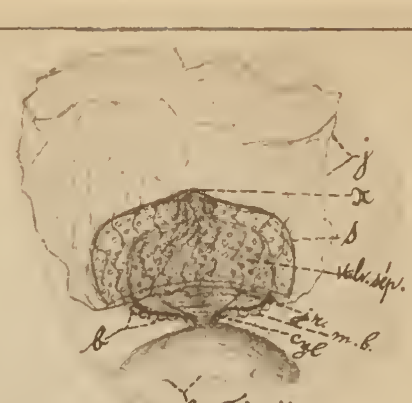

j
x
s
valv.sép.
b
j.r.
m.b.
cyl
e

Fig. 7

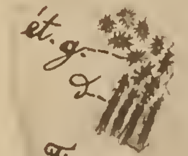


Fig. 14

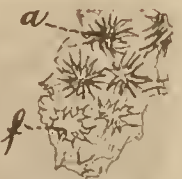


Fig. 13

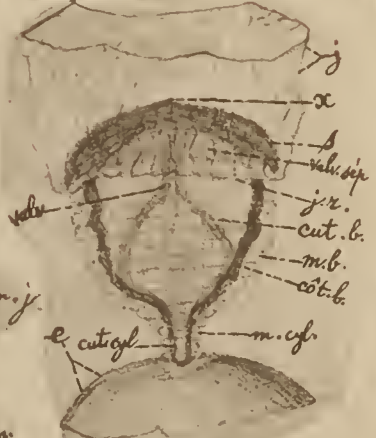

j
x
s
valv.sép.
valv
j.r.
cut.b.
m.b.
côt.b.
e
cut.cyl.
m.cyl.

Fig 8

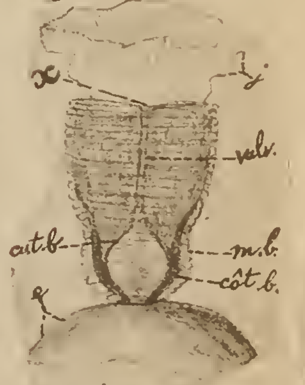

x
j
valv.
cut.b
m.b.
côt.b.
e

Fig. 9

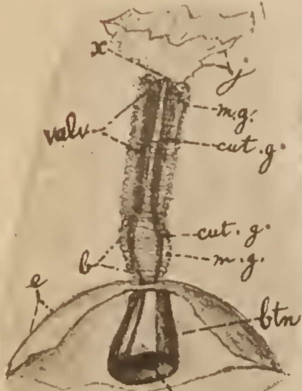

x
j
valv
m.g.
cut.g.
cut.g.
b
m.g.
e
btn
o

Fig. 10.

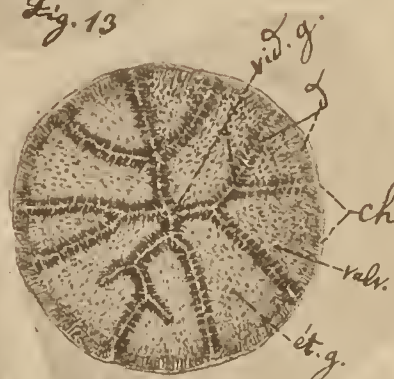

vid.g.
d
ch
valv. ch
ét.g.

Fig. 12.

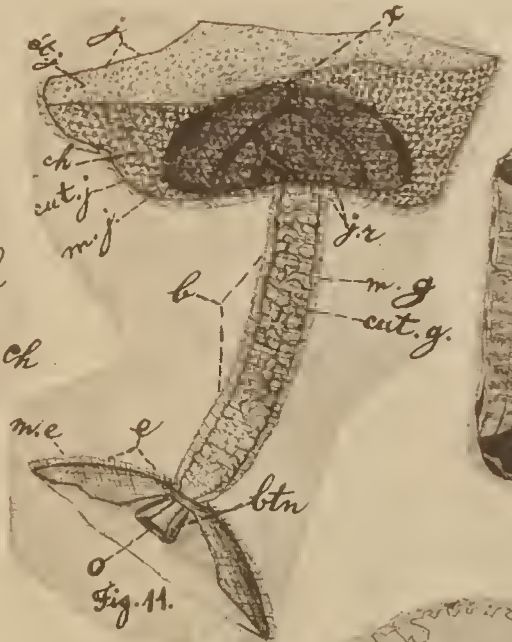

ét.j.
j
x
ch
cut.j.
m.j.
j.r.
b
m.g
cut.g.
m.e
e
btn
o

Fig. 11.

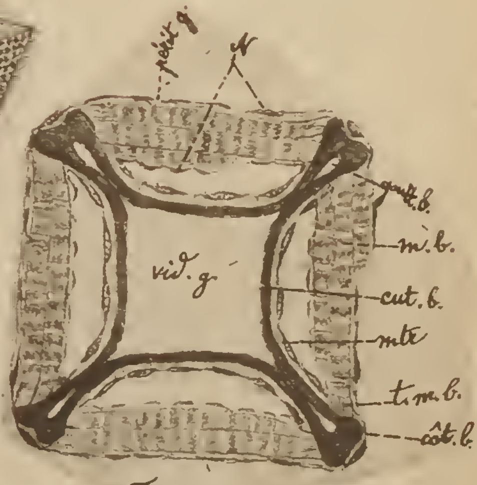

périt.g.
N
goutt.b.
m.b.
vid.g.
cut.b.
mtr
t.m.b.
côt.b.

Fig. 20

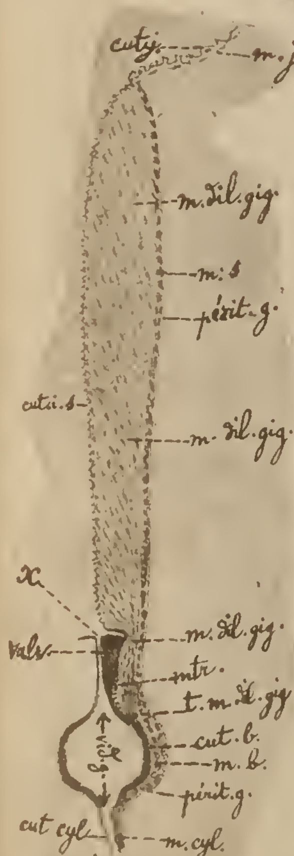

cut.j.
m.j.
m.dil.gig.
m.s
périt.g.
cut.i.s.
m.dil.gig.
x
valv.
m.dil.gig.
mtr.
t.m.dil.gig
vid.g.
cut.b.
m.b.
périt.g.
cut.cyl.
m.cyl.

Fig. 16.

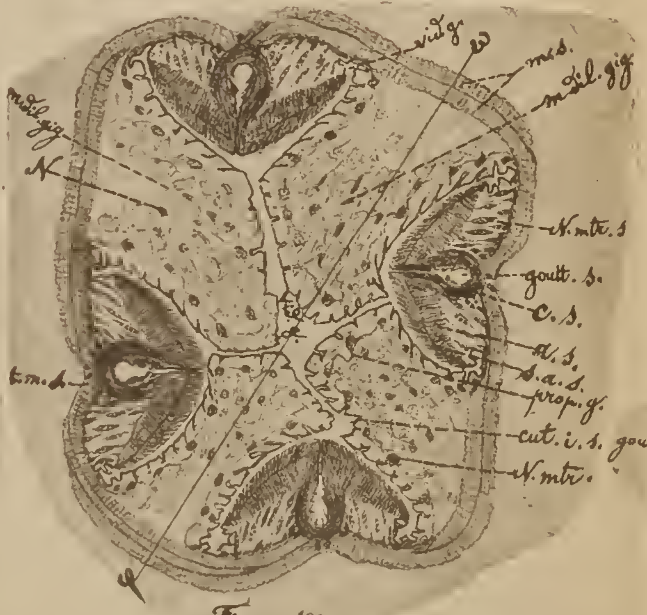

m.dil.gig
N
vid.g
ω
m.s.
m.dil.gig
N.mtr.s
goutt.s.
c.s.
a.s.
s.a.s.
t.m.s
prop.g.
cut.i.s.
N.mtr.
φ

Fig. 17

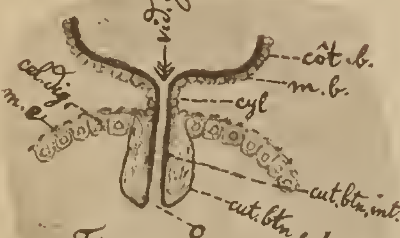

vid.g.
côt.b.
m.b.
cel.dig.
m.e
cyl
cut.btn.int.
cut.btn.ext.
o

Fig. 15

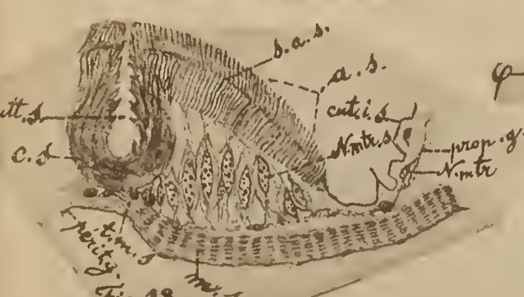

s.a.s.
a.s.
cut.i.s.
goutt.s.
c.s.
N.mtr.s
prop.g.
N.mtr
t.m.s
périt.g.
m.s.

Fig. 18

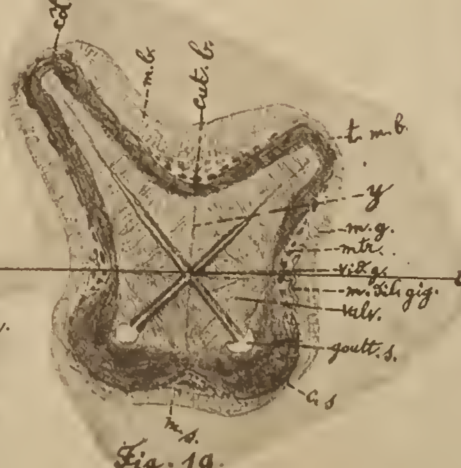

côt.b.
m.b.
cut.b.
t.m.b.
y
m.g.
mtr.
vid.g.
m.dil.gig.
valv.
goutt.s.
c.s
m.s.
φ
ω

Fig. 19.

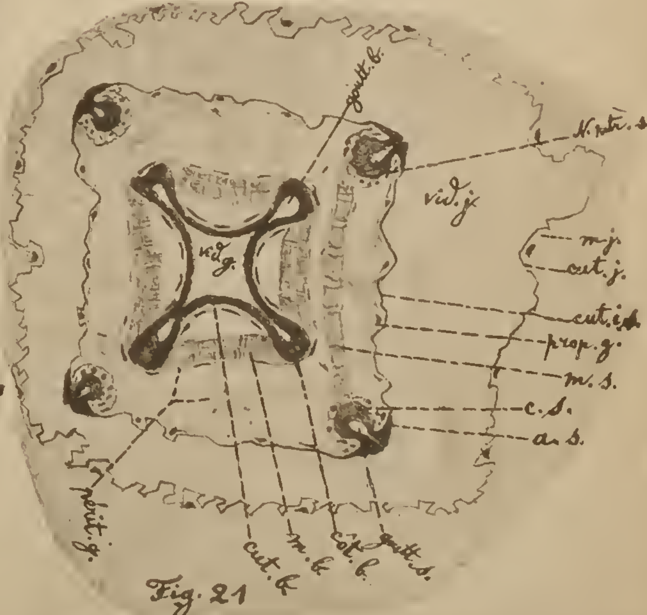

goutt.b.
N.mtr.s
vid.j.
m.j.
cut.j.
vid.g.
cut.i.s.
prop.g.
m.s.
c.s.
a.s.
périt.g.
cut.b.
m.b.
côt.b.
goutt.s.

Fig. 21

A. Forel del.

Lichtdruck von M. Gemoser, München.

ÉTUDE ÉLÉMENTAIRE

DES

COURBES PLANES

AU MOYEN DES

COORDONNÉES TANGENTIELLES

PAR LE

D^r H. AMSTEIN

professeur à l'Académie de Lausanne.

(Pl. 24, 25.)

Les coordonnées tangentielles ont été introduites dans l'analyse par Plücker. M. *Fiedler,* dans un mémoire intitulé : « Ueber die projektivischen Coordinaten (Vierteljahrsschrift der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft, XV Jahrgang, pages 152-182), » fait remarquer que ces coordonnées ne sont, comme les coordonnées cartésiennes, qu'un cas particulier des coordonnées projectives. Plusieurs géomètres, entre autres MM. G. Salmon, Cayley, Hesse, etc., en ont fait une fréquente application à l'étude des courbes et des surfaces. Mais c'est surtout depuis l'apparition des excellents ouvrages sur la géométrie analytique de M. *G. Salmon*[1], que leur emploi est devenu à peu près général. Dans les ouvrages français, on les rencontre surtout dans l'excellent traité trop peu connu de *Painvin : Principes de la géométrie analytique*

---

[1] Comp. les éditions originales, la traduction française du *Traité de géométrie analytique (sections coniques),* par H. Resal et V. Vaucheret, Paris, Gauthier-Villars, 1870, et les éditions allemandes des différents ouvrages de Salmon, par M. W. Fiedler.

(Paris, Gauthier-Villars, 1872), et dans le complément de géométrie analytique de *Briot et Bouquet* (Paris, Dunod, 1864).

Le rôle scientifique des coordonnées tangentielles dans l'analyse, s'il est permis de s'exprimer ainsi, consiste à mettre en relief la réciprocité ou la dualité qui règne dans toute la géométrie. En effet, les coordonnées tangentielles sont aux coordonnées ponctuelles comme la droite est au point, comme l'enveloppe est au lieu géométrique; elles forment le complément nécessaire et naturel des coordonnées cartésiennes.

Puisque chaque problème particulier nécessite en quelque sorte un système de coordonnées spéciales, il est clair que les coordonnées tangentielles s'appliqueront de préférence à un certain genre de problèmes, par exemple à l'étude des courbes d'une classe élevée, à la recherche des tangentes multiples, des asymptotes, etc. Cependant il n'est peut-être pas inutile de soumettre les courbes planes à une étude générale dans ce système de coordonnées, étude qui, à la connaissance de l'auteur de ce mémoire, n'a pas été faite jusqu'à présent d'une manière complète.

Les pages suivantes n'ont pas la prétention de combler cette lacune; elles ont uniquement pour but de faire voir comment on pourrait introduire ces coordonnées dans une première étude générale des courbes planes telle qu'elle se pratique en coordonnées ponctuelles, par exemple dans les cours élémentaires de calcul différentiel.

Dans la première partie de ce mémoire, il est question des coordonnées tangentielles rectilignes, et dans la seconde des coordonnées que nous proposons d'appeler coordonnées tangentielles polaires. Les formules générales de la première partie ne sont pour ainsi dire que la traduction des formules analogues en coordonnées cartésiennes, de sorte que pour traiter le sujet un peu complètement, il a fallu s'occuper de certaines questions qui n'ont pas pour le savant l'attrait de la nouveauté.

Le but de ce travail justifie suffisamment l'absence des coordonnées homogènes ou trimétriques. Cependant, pour satisfaire autant que possible aux lois de symétrie, il est, dans les formules suivantes, largement tenu compte de cette sorte de symétrie qui résulte de ce que les coordonnées d'un point ou d'une droite sont exprimées en fonction d'une troisième variable indépendante.

A. Coordonnées tangentielles rectilignes.

1. On suppose pour plus de simplicité des coordonnées rectangulaires. L'équation d'une droite déterminée par ses segments a et b sur les axes, est

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1.$$

Si l'on pose

$$-\frac{1}{a} = u, \quad -\frac{1}{b} = v,$$

cette équation devient

$$ux + vy + 1 = 0.$$

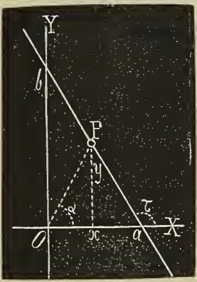


Fig. 1.

Les quantités a et b, par conséquent aussi u et v, déterminent complètement la droite, et c'est pour cela qu'on a appelé u et v les *coordonnées linéaires* ou, pour une raison qui trouve son explication dans la théorie des courbes, les *coordonnées tangentielles* de la droite. Les coordonnées tangentielles d'une droite sont donc les valeurs réciproques prises avec le signe contraire des segments faits par la droite sur les axes.

L'angle τ que fait la droite avec l'axe des X est donné par

$$\operatorname{tg} \tau = -\frac{u}{v}.$$

Exemples de droites particulières. — 1) La droite $u = a$, $v = a$ fait l'angle $-45°$ avec l'axe des X et ses segments sur les deux axes sont $-\frac{1}{a}$.

2) La droite $u = a$, $v = -a$ fait l'angle $+45°$ avec l'axe des X et ses segments sur les axes sont $-\frac{1}{a}$ et $+\frac{1}{a}$.

3) La droite $u = 0$, $v = a$ est parallèle à l'axe des X à la distance $-\frac{1}{a}$ de cet axe.

4) La droite $u = 0$, $v = \infty$ se confond avec l'axe des X.

5) La droite $u = b$, $v = 0$ est parallèle à l'axe des Y à la distance $-\frac{1}{b}$ de celui-ci.

6) La droite $u = \infty$, $v = 0$ est identique avec l'axe des Y.

7) $u = 0$, $v = 0$ signifie la droite à l'infini.

8) La droite $u = \infty$, $v = \infty$ passe par l'origine, et sa direction est donnée par $\operatorname{tg} \tau = \lim \left(-\frac{u}{v}\right)$ pour $\lim u = \infty$ et $\lim v = \infty$.

2. L'équation

$$ux + vy + 1 = 0$$

permet une double interprétation. Interprétée en coordonnées ponctuelles, elle représente la droite dont les coordonnées tangentielles sont u et v. Si, au contraire, on y regarde x et y comme constants, u et v comme variables, elle fournit une infinité de droites, et comme les valeurs constantes de x et y satisfont pour chaque couple de valeurs de u et v à l'équation (envisagée de nouveau comme équation d'une droite) toutes ces droites passent par le point dont les coordonnées ponctuelles sont x et y.

L'équation $ux + vy + 1 = 0$, interprétée en coordonnées tangentielles, représente par conséquent le point (x, y) et l'on voit sans difficulté qu'en général une équation du premier degré en u et v, telle que

$$Au + Bv + C = 0$$

représente le point dont les coordonnées ponctuelles sont

$$x = \frac{A}{C}, \quad y = \frac{B}{C}.$$

La forme particulière $ux + vy + 1 = 0$ de l'équation du premier degré a été appelée par *Hesse* la *forme normale* de l'équation du point (x, y).

L'angle α (fig. 1) que fait le rayon vecteur du point (x, y) avec l'axe des X, est donné par

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x}.$$

Exemples de points particuliers. — 1) Le point $u = a$ se trouve sur l'axe des X à la distance $-\frac{1}{a}$ de l'origine.

2) Le point $v = b$ est le point sur l'axe des Y dont l'ordonnée est $-\frac{1}{b}$.

3) L'équation $Au + Bv = 0$ signifie le point qui se trouve à l'infini dans la direction déterminée par $\operatorname{tg} \alpha = \frac{B}{A}$.

4) $v = 0$ est le point à l'infini dans la direction de l'axe des Y.

5) Le point $u = 0$ se trouve à l'infini dans la direction de l'axe des X.

6) L'équation $C = 0$, où $C \gtrless 0$, qui paraît absurde, signifie l'origine. En effet, si dans l'équation $Au + Bv + C = 0$,

$C \gtrless 0$, A et B tendent vers zéro, les coordonnées du point représenté $x = \frac{A}{C}$, $y = \frac{B}{C}$ tendent vers zéro.

3. *Point d'intersection de deux droites données* (u_1, v_1) et (u_2, v_2). L'équation du point demandé sera de la forme

$$ux + vy + 1 = 0;$$

elle doit être satisfaite par les coordonnées des droites données, en sorte que

$$\begin{aligned} u_1 x + v_1 y + 1 &= 0, \\ u_2 x + v_2 y + 1 &= 0. \end{aligned}$$

En éliminant de ces trois équations les inconnues x et y, on obtient l'équation cherchée

$$u - u_1 = \frac{u_1 - u_2}{v_1 - v_2}(v - v_1).$$

Les coordonnées ponctuelles de ce point sont

$$x = -\frac{v_2 - v_1}{u_1 v_2 - u_2 v_1}, \quad y = \frac{u_2 - u_1}{u_1 v_2 - u_2 v_1}$$

et l'angle α que fait son rayon vecteur avec l'axe des X est déterminé par

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{u_1 - u_2}{v_1 - v_2}.$$

4. *Droite qui joint deux points donnés* (x_1, y_1) et (x_2, y_2). Les coordonnées u, v de la droite cherchée satisfont aux équations de condition

$$\begin{aligned} ux_1 + vy_1 + 1 &= 0, \\ ux_2 + vy_2 + 1 &= 0. \end{aligned}$$

En résolvant ces équations par rapport à u et v, on trouve pour la droite demandée

$$u = \frac{y_1 - y_2}{x_1 y_2 - x_2 y_1}, \quad v = -\frac{x_1 - x_2}{x_1 y_2 - x_2 y_1}.$$

5. *Angle de deux droites données* (u_1, v_1) et (u_2, v_2). L'angle cherché γ est égal à $\pm (\tau_2 - \tau_1)$; donc

$$\operatorname{tg} \gamma = \pm \operatorname{tg} (\tau_2 - \tau_1) = \pm \frac{u_1 v_2 - u_2 v_1}{u_1 u_2 + v_1 v_2}.$$

Condition de parallélisme des deux droites (u_1, v_1) et (u_2, v_2) :

$$u_1 v_2 - u_2 v_1 = 0.$$

Condition de perpendicularité des deux droites (u_1, v_1) et (u_2, v_2) :

$$u_1 u_2 + v_1 v_2 = 0.$$

6. *Distance* δ *du point* (ξ, η) *à la droite* (u, v). L'équation en coordonnées ponctuelles de la droite (u, v) étant

$$ux + vy + 1 = 0,$$

il s'ensuit qu'on trouve la distance demandée d'après la règle connue de la géométrie analytique. Cette distance

$$\delta = \frac{u\xi + v\eta + 1}{\sqrt{u^2 + v^2}}$$

est considérée comme positive ou comme négative, suivant que le point donné (ξ, η) et l'origine se trouvent du même côté de la droite donnée ou de côtés différents.

La distance δ de l'origine à la droite (u, v) est

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{u^2 + v^2}}$$

Observation. On voit sans difficulté que, si le système de coordonnées adopté avait été oblique (avec l'angle des coordonnées ω), il suffirait de remplacer dans les formules précédentes $\operatorname{tg} \tau$ par $\frac{\sin \tau}{\sin (\omega - \tau)}$, $\operatorname{tg} \alpha$ par $\frac{\sin \alpha}{\sin (\omega - \alpha)}$, $\operatorname{tg} \gamma$ par $\frac{\sin \gamma}{\sin (\omega - \gamma)}$. Les équations des points et des droites ne seraient pas changées, mais il faudrait substituer à la formule pour δ, la suivante :

$$\delta = \frac{u\xi + v\eta + 1}{\sqrt{u^2 + v^2 - 2uv\cos\omega}} \sin\omega .$$

7. *Transformation de coordonnées.* — 1) *Passage d'un système de coordonnées à un système parallèle.*

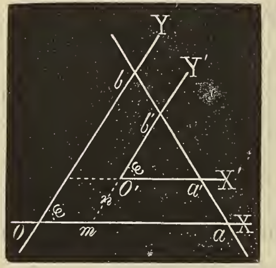


Fig. 2.

Soit ω l'angle des coordonnées, m et n les coordonnées ponctuelles et par conséquent $um + vn + 1 = 0$ l'équation de la nouvelle origine O'. Si u et v sont les coordonnées tangentielles d'une droite quelconque par rapport au système de coordonnées X, Y, u' et v' les coordonnées de la même droite par rapport au nouveau système X', Y' on a, en posant $u = -\frac{1}{a}$, $v = -\frac{1}{b}$, $u' = -\frac{1}{a'}$, $v' = -\frac{1}{b'}$, (fig. 2) les relations

$$\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'}, \quad \frac{a-m}{b'+n} = \frac{a'}{b'} .$$

De ces deux relations, il suit

$$\left.\begin{aligned} u &= \frac{u'}{-mu' - nv' + 1} \\ v &= \frac{v'}{-mu' - nv' + 1} \end{aligned}\right\} \quad \text{et} \quad \left.\begin{aligned} u' &= \frac{u}{mu + nv + 1} \\ v' &= \frac{v}{mu + nv + 1} . \end{aligned}\right\}$$

2) *Passage d'un système à un autre de même origine.*

Soit ω l'angle des coordonnées du système donné X, Y, et soient α et β les angles que font les nouveaux axes X', Y' avec l'axe des X, en sorte que $\beta - \alpha = \omega'$ est le

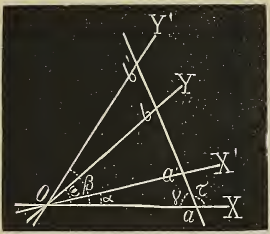


Fig. 3.

nouvel angle des coordonnées. Si, pour plus de brièveté, on introduit encore l'angle auxiliaire γ, c'est-à-dire l'angle supplémentaire de celui que fait une droite (u, v) quelconque avec l'axe des X, la figure 3 donne

$$\frac{a}{a'} = \frac{\sin(\alpha+\gamma)}{\sin\gamma} = \frac{\sin\alpha + \cos\alpha \operatorname{tg}\gamma}{\operatorname{tg}\gamma},$$

$$\frac{b}{b'} = \frac{\sin(\beta+\gamma)}{\sin(\omega+\gamma)} = \frac{\sin\beta + \cos\beta \operatorname{tg}\gamma}{\sin\omega + \cos\omega \operatorname{tg}\gamma}$$

Mais comme de

$$\frac{b}{a} = \frac{\sin\gamma}{\sin(\omega+\gamma)} = \frac{\operatorname{tg}\gamma}{\sin\omega + \cos\omega \operatorname{tg}\gamma},$$

l'on déduit

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{b\sin\omega}{a - b\cos\omega},$$

on a aussi

$$\frac{a}{a'} = \frac{a\sin\alpha + b\sin(\omega-\alpha)}{b\sin\omega}, \quad \frac{b}{b'} = \frac{a\sin\beta + b\sin(\omega-\beta)}{a\sin\omega}.$$

De ces deux équations on tire immédiatement

$$\left.\begin{aligned} u' &= \frac{v\sin\alpha + u\sin(\omega-\alpha)}{\sin\omega} \\ v' &= \frac{v\sin\beta + u\sin(\omega-\beta)}{\sin\omega}, \end{aligned}\right\}$$

et en résolvant par rapport à u et v :

$$\left.\begin{aligned} u &= \frac{u'\sin\beta - v'\sin\alpha}{\sin(\beta-\alpha)}, \\ v &= \frac{v'\sin(\omega-\alpha) - u'\sin(\omega-\beta)}{\sin(\beta-\alpha)}. \end{aligned}\right\}$$

Remarque. S'il s'agissait de passer d'un système de coordonnées à un autre système d'origine et de directions d'axes différentes, il faudrait combiner les deux transformations qui viennent d'être indiquées.

ÉTUDE DES COURBES PLANES

8. Lorsqu'il existe entre u et v une relation telle que

$$\mathrm{F}(u, v) = 0 \quad \text{ou} \quad u = f(v),$$

chaque couple de valeurs de u et de v détermine une droite $ux + vy + 1 = 0$ et l'ensemble de ces droites enveloppe évidemment une courbe de sorte que $\mathrm{F}(u, v) = 0$ ou $u = f(v)$ peut être considérée comme l'équation de cette courbe en coordonnées tangentielles. Trouver l'équation de cette courbe en coordonnées ponctuelles, revient à trouver l'enveloppe des droites $ux + vy + 1 = 0$ sous la condition $\mathrm{F}(u, v) = 0$. Si, au contraire, les coordonnées x et y sont liées entre elles par une équation telle que

$$\Phi(x, y) = 0 \quad \text{ou} \quad y = \varphi(x)$$

chaque couple de valeurs de x et de y détermine un point $ux + vy + 1 = 0$, et l'ensemble de ces points forme un lieu géométrique dont l'équation est évidemment $\Phi(x, y) = 0$ ou $y = \varphi(x)$. Trouver l'équation de ce lieu géométrique en coordonnées tangentielles, c'est trouver le lieu géométrique des points $ux + vy + 1 = 0$ sous la condition $\Phi(x, y) = 0$.

L'équation $ux + vy + 1 = 0$, comme on vient de voir, représente indifféremment un point ou une tangente de la courbe, suivant que son équation est donnée en coordonnées ponctuelles ou en coordonnées tangentielles.

9. *Problème de la tangente et de la transformation des coordonnées ponctuelles en coordonnées tangentielles.*

Supposons qu'on donne la courbe sous la forme symétrique

$$x = \varphi(t), \quad y = \psi(t),$$

où t signifie une troisième variable indépendante, et désignons par

$$x' = \frac{dx}{dt} = \varphi'(t), \quad y' = \frac{dy}{dt} = \psi'(t)$$

les dérivées de x et de y par rapport à la variable t. La tangente en un point (x, y) d'une courbe, étant la droite qui joint ce point au point infiniment voisin, ses coordonnées (u, v) satisfont aux deux équations

$$\begin{aligned} ux + vy + 1 &= 0, \\ ux' + vy' &= 0, \end{aligned}$$

d'où l'on tire

$$(1) \quad \begin{cases} u = -\dfrac{y'}{xy' - yx'}, \\ v = \dfrac{x'}{xy' - yx'}. \end{cases}$$

En introduisant ces valeurs dans l'équation

$$u\xi + v\eta + 1 = 0,$$

où ξ et η désignent les coordonnées courantes, on obtient l'équation connue de la tangente

$$\eta - y = \frac{y'}{x'}(\xi - x).$$

La direction de la tangente est donnée par

$$\operatorname{tg} \tau = -\frac{u}{v} = \frac{y'}{x'} = \frac{dy}{dx} = \frac{\psi'(t)}{\varphi'(t)}.$$

Les formules (1) qu'on modifiera facilement, si la courbe est donnée sous une autre forme, résolvent le problème de la transformation des coordonnées ponctuelles en coordonnées tangentielles. En effet, elles expriment u et v en fonction de t et dans la plupart des cas c'est sous cette forme que l'étude d'une courbe se fait le plus facilement. Si l'élimination de la variable t est possible, on obtient l'équation de la courbe sous une des formes ordinaires $F(u, v) = 0$ ou $u = f(v)$.

10. *Problème du point de contact et de la transformation des coordonnées tangentielles en coordonnées ponctuelles.*

Soit $$u = \psi(t),\ v = \varphi(t),$$

la courbe donnée et u' et v' les dérivées de u et de v par rapport à t.

Le point de contact d'une tangente donnée n'est autre chose que le point d'intersection de cette tangente avec la tangente infiniment voisine; par conséquent ses coordonnées x, y doivent satisfaire aux deux équations

$$\begin{aligned} ux + vy + 1 &= 0, \\ u'x + v'y \quad &= 0, \end{aligned}$$

qui donnent

$$(2)\quad \begin{cases} x = \dfrac{v'}{vu' - uv'}, \\ y = -\dfrac{u'}{vu' - uv'}. \end{cases}$$

En substituant ces valeurs dans l'équation

$$Ux + Vy + 1 = 0,$$

où U et V signifient les coordonnées courantes, on obtient pour l'équation du point de contact

$$U - u = \frac{u'}{v'}(V - v).$$

Le point de contact se construit avec la même facilité que la tangente en coordonnées cartésiennes, car on a

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} = -\frac{u'}{v'} = -\frac{du}{dv} = -\frac{\psi'(t)}{\varphi'(t)}.$$

Cette construction n'est en défaut que lorsque la tangente passe par l'origine, c'est-à-dire dans le cas où $u = \infty$ et $v = \infty$.

Les équations (2) permettent de passer de l'équation d'une courbe en coordonnées tangentielles à son équation en coordonnées ponctuelles. Il suffit d'en éliminer la variable t pour arriver à une des formes $F(x, y) = 0$ ou $y = f(x)$. (Cf. Salmon : Treatise on the higher plane curves.)

11. *Asymptotes.* Si l'on considère les asymptotes d'une courbe comme des tangentes dont le point de contact se trouve à l'infini, elles sont comprises dans les tangentes données par les formules (1). En effet, si

$$x = \varphi(t), \quad y = \psi(t)$$

est la courbe donnée, on cherchera les valeurs de t, pour lesquelles x ou y ou les deux deviennent infinis, et on obtiendra les segments que déterminent les tangentes correspondantes sur les axes, en introduisant tour-à-tour les valeurs trouvées dans les équations

$$-\frac{1}{u} = \frac{xy' - yx'}{y'}, \quad -\frac{1}{v} = -\frac{xy' - yx'}{x'}.$$

On aura une asymptote parallèle à un axe coordonné ou une asymptote oblique, suivant que par ces substitutions l'une des expressions $\frac{1}{u}$ et $\frac{1}{v}$ ou les deux prendront des valeurs finies.

Exemple. — Le folium de Descartes. L'équation de cette courbe

$$x^3 + y^3 - axy = 0$$

est identiquement satisfaite, si l'on pose

$$x = a\frac{t}{1+t^3}, \quad y = a\,\frac{t^2}{1+t^3}.$$

Comme x et y deviennent infiniment grands pour $t = -1$ et que la substitution de cette valeur dans

$$-\frac{1}{u} = a\,\frac{t}{2-t^3}, \quad -\frac{1}{v} = -a\,\frac{t^2}{1-2t^3}$$

donne $-\dfrac{1}{u} = -\dfrac{a}{3}, \quad -\dfrac{1}{v} = -\dfrac{a}{3}$, la tangente

$$x + y + \frac{a}{3} = 0$$

est une asymptote de la courbe.

Lorsque la courbe est donnée en coordonnées tangentielles

$$v = \varphi(t), \quad u = \psi(t),$$

les formules (2) montrent immédiatement que pour les asymptotes on doit avoir

$$\frac{u}{v} = \frac{u'}{v'}.$$

Cette condition est nécessaire, mais non suffisante, car elle exprime seulement que la tangente et le rayon vecteur de son point de contact sont parallèles. Si cette condition ne peut être satisfaite que par $u = v = 0$, la tangente correspondante se trouve tout entière à l'infini et par suite elle n'est pas une asymptote proprement dite. Si, au contraire, une valeur de t, tirée de cette équation de condition, rend $u = \infty$ et $v = \infty$, on a une tangente passant par l'origine.

Dans ce cas, il s'agit de vérifier si le point de contact, donné par x et y, se trouve ou ne se trouve pas à l'infini. Dans tous les autres cas, une valeur t_0 de t, qui satisfait à l'équation $\frac{u}{v} = \frac{u'}{v'}$, fournit une asymptote $v = \varphi(t_0)$, $u = \psi(t_0)$.

Exemple. Choisissons encore le *folium de Descartes,* qui cette fois sera donné par

$$u = -\frac{1}{a}\,\frac{2-t^3}{t}, \quad v = \frac{1}{a}\,\frac{1-2t^3}{t^2}.$$

De l'équation $\frac{u}{v} = \frac{u'}{v'}$ on tire $t = -1$. Par conséquent $u = \frac{3}{a}$, $v = \frac{3}{a}$ est une asymptote de la courbe.

12. *Equation du point de la tangente* (u, v), *dont le rayon vecteur fait un angle droit avec le rayon vecteur du point de contact. Courbe correspondante à la développée.* Le point en question joue par rapport au point de contact d'une tangente le même rôle qu'en coordonnées ponctuelles la normale par rapport à la tangente. Son équation est, en désignant par U et V les coordonnées courantes,

$$\mathrm{U} - u = -\frac{v'}{u'}(\mathrm{V} - v).$$

De même qu'on traite en coordonnées cartésiennes la question de la développée, on peut, en coordonnées tangentielles, se poser le problème : Trouver le lieu géométrique des points situés sur les tangentes d'une courbe donnée, tels que leurs rayons vecteurs fassent avec les rayons vecteurs des points de contact un angle droit. En d'autres termes : Une courbe étant donnée, on demande une autre courbe telle que si un observateur se place à l'origine et regarde simultanément le point de contact d'une tangente de la courbe donnée et sur cette tangente le point correspondant de la courbe cherchée, l'angle des deux rayons visuels soit toujours un angle droit. Ou encore : Un triangle rectangle à côtés variables dont le sommet de l'angle droit est placé à l'origine se mouvant de manière que le second sommet demeure sur une courbe donnée et qu'en ce point l'hypoténuse soit tangente à la courbe, on demande le lieu géométrique du troisième sommet.

Soit

$$v = \varphi(t),\ u = \psi(t)$$

la courbe donnée. Le point de la courbe cherchée qui correspond au point de contact de la tangente (u, v) de la courbe donnée, a pour équation

$$\mathrm{U} - u = -\frac{v'}{u'}(\mathrm{V} - v).$$

Les coordonnées U, V de la tangente en ce point doivent satisfaire à cette équation et à celle qu'on obtient en la différentiant par rapport à t. On a donc pour déterminer U et V les deux équations

$$u'(\mathrm{U} - u) + v'(\mathrm{V} - v) = 0$$
$$u''(\mathrm{U} - u) + v''(\mathrm{V} - v) = u'^2 + v'^2,$$

d'où

$$\left\{\begin{aligned} \mathrm{V} - v &= \frac{u'^2 + v'^2}{u'v'' - v'u''} \cdot u', \\ \mathrm{U} - u &= -\frac{u'^2 + v'^2}{u'v'' - v'u''} \cdot v'. \end{aligned}\right.$$

En éliminant la variable t de ces deux équations on obtient l'équation de la courbe cherchée sous la forme $\mathrm{F}(u, v) = 0$.

Exemple 1. La parabole. L'équation en coordonnées tangentielles de la parabole $y^2 = 2px$ est

$$v^2 = \frac{2}{p} u.$$

Elle est identiquement satisfaite, si l'on pose

$$v = t, \; u = \frac{p}{2} t^2.$$

En appliquant les formules ci-dessus, on trouve pour les coordonnées U, V d'une tangente quelconque de la courbe cherchée

$$\left\{\begin{aligned} V &= -p^2 t^3, \\ U &= \frac{1}{p} + \frac{3}{2} p t^2, \end{aligned}\right.$$

d'où, en éliminant t,

$$\left(U - \frac{1}{p}\right)^3 = \frac{27}{8} \frac{V^2}{p}.$$

Telle est l'équation de la courbe cherchée. En passant aux coordonnées ponctuelles, il vient

$$xy^2 + \frac{1}{2} x^3 + py^2 = 0.$$

(Courbe en affinité avec la cissoïde.) (Pl. 24, fig. 1.)

Observation. Il est clair qu'il aurait suffi de changer dans l'équation de la développée de la parabole x en U, y en V et p en $\frac{1}{p}$ pour arriver à l'équation demandée.

Exemple 2. L'ellipse. L'ellipse $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ a pour équation en coordonnées tangentielles

$$a^2 u^2 + b^2 v^2 = 1.$$

Une tangente quelconque de cette ellipse est donnée par

$$u = \frac{\sin t}{a}\,, \quad v = \frac{\cos t}{b}\,.$$

La tangente correspondante de la courbe demandée se trouve par les équations

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} V &= \frac{a^2 - b^2}{a^2 b} \cos^3 t \\ U &= -\frac{a^2 - b^2}{a b^2} \sin^3 t, \end{aligned} \right.$$

d'où, par l'élimination du paramètre t, il résulte comme équation de la courbe cherchée

$$(2) \quad (aV)^{\frac{2}{3}} + (bU)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{a^2 - b^2}{ab}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

Traduites en coordonnées cartésiennes, les équations (1) et (2) deviennent

$$(1^a) \quad \left\{ \begin{aligned} x &= \frac{ab^2}{a^2 - b^2} \cdot \frac{1}{\sin t} \\ y &= -\frac{a^2 b}{a^2 - b^2} \cdot \frac{1}{\cos t} \end{aligned} \right.$$

et

$$(2^a) \quad a^2 x^2 + b^2 y^2 = \left(\frac{a^2 - b^2}{ab}\right)^2 x^2 y^2.$$

(Pl. 24, fig. 2.)

13. *Normale et développée.* Soient u et v les coordonnées d'une tangente quelconque de la courbe donnée, U et V celles de la normale correspondante. On a pour déterminer U et V les deux équations

$$Uu + Vv = 0 \quad \text{ou} \quad u(U - u) + v(V - v) = -(u^2 + v^2),$$
$$v'(U - u) - u'(V - v) = 0$$

exprimant que la normale est perpendiculaire à la tangente et qu'elle passe par le point de contact.

De là

$$\left\{\begin{aligned} \mathrm{U} &= v.\frac{uv'-vu'}{uu'+vv'}, \\ \mathrm{V} &= -u.\frac{uv'-vu'}{uu'+vv'}. \end{aligned}\right.$$

Or, si u et v sont exprimés en fonction d'une troisième variable t, U et V le seront aussi. Par conséquent ces équations résolvent le problème de la développée. Il suffit d'en éliminer t pour avoir l'équation de la développée sous la forme $\mathrm{F}(u,v)=0$.

Exemple. L'ellipse. L'ellipse étant donnée comme précédemment par

$$u=\frac{\sin t}{a},\quad v=\frac{\cos t}{b},$$

on trouve en appliquant les formules ci-dessus

$$\mathrm{U}=-\frac{a}{a^2-b^2}\cdot\frac{1}{\sin t},\quad \mathrm{V}=\frac{b}{a^2-b^2}\cdot\frac{1}{\cos t},$$

d'où il résulte pour l'équation de la développée

$$(a^2-b^2)^2\,\mathrm{U}^2\,\mathrm{V}^2=a^2\,\mathrm{V}^2+b^2\,\mathrm{U}^2.$$

14. *Classe d'une courbe algébrique.* Lorsqu'on combine avec l'équation d'un point $u=\alpha v+\beta$, l'équation en coordonnées tangentielles d'une courbe $\mathrm{F}(u,v)=0$, où F signifie une fonction entière de u et v du degré n, on obtient n couples de valeurs (réelles ou imaginaires) qui satisfont aux deux équations. Cela revient à dire que la courbe admet n tangentes (réelles ou imaginaires) émanant d'un point quelconque. Par conséquent, la classe d'une courbe est identique avec le degré de son équation en coordonnées tangentielles.

On peut encore remarquer qu'il sera toujours possible de disposer de l'une des constantes arbitraires α et β en sorte que la résolvante des équations $F(u,v)=0$ et $u=\alpha v+\beta$ possède une racine double. Dans ce cas, le point $u=\alpha v+\beta$ est le point de contact de la tangente (u,v) correspondante. Le problème : Etant donné α, déterminer β de la manière indiquée, revient à trouver tous les points de la courbe qui sont situés sur une droite passant par l'origine. En déterminant les deux constantes α et β de manière à ce que la résolvante admette deux couples de racines égales, ce qui en général est toujours possible, le point ainsi obtenu sera un point double ou un point de rebroussement. On en conclut que les courbes de la classe n possèdent en général des points doubles et des points de rebroussement, tandis que les courbes de l'ordre n admettent des tangentes doubles et des tangentes stationnaires comme singularités habituelles. (Cf. Salmon : Higher pl. curves.)

Exemple. Cherchons les points doubles de la courbe

$$(u^2+v^2)^2-u^2+v^2=0.$$

En éliminant de cette équation et de

$$\alpha u+\beta v+1=0$$

la variable v, on obtient

$$u^4+\frac{4\alpha}{\alpha^2+\beta^2}u^3+\frac{6\alpha^2+\alpha^2\beta^2+2\beta^2-\beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2}u^2+\frac{2\alpha(2+\beta^2)}{(\alpha^2+\beta^2)^2}u+$$
$$+\frac{1+\beta^2}{(\alpha^2+\beta^2)^2}=0.$$

Comme la courbe est symétrique par rapport aux axes coordonnés, il est évident que ses points doubles seront symétriques par rapport aux axes. Par conséquent, si les points doubles existent, il doit être possible de donner à α, β, p

des valeurs telles que le premier membre de cette équation devienne identique avec

$$(u^2 - p^2)^2 = 0,$$

ce qui donne les quatre conditions

$$\frac{4\alpha}{\alpha^2+\beta^2} = 0, \quad \frac{6\alpha^2 + \alpha^2\beta^2 + 2\beta^2 - \beta^4}{(\alpha^2+\beta^2)^2} = -2p^2,$$

$$\frac{2\alpha(2+\beta^2)}{(\alpha^2+\beta^2)^2} = 0, \quad \frac{1+\beta^2}{(\alpha^2+\beta^2)^2} = p^4,$$

d'où l'on tire

$$\alpha = 0, \ \beta = \pm\sqrt{8}, \ p = \pm\sqrt{\tfrac{3}{8}}.$$

Les deux points doubles de la courbe possèdent donc les coordonnées $\alpha = 0$, $\beta = \pm\sqrt{8}$; les tangentes principales en ces points sont données par

$$u = \pm\sqrt{\tfrac{3}{8}}, \ v = \pm\frac{1}{\sqrt{8}}.$$

(Pl. 24, fig. 3.)

15. *Angle de contingence.* L'angle de contingence $d\tau$ en un point donné d'une courbe est l'angle que fait la tangente (u,v) en ce point avec la tangente consécutive. Comme (Cf. n° 9)

$$\operatorname{tg}\tau = -\frac{u}{v} \quad \text{ou} \quad \tau = -\operatorname{arctg}\frac{u}{v},$$

l'angle de contingence est donné par

$$d\tau = -\frac{vdu - udv}{u^2+v^2}.$$

16. *Interprétation de la dérivée seconde.* Soit

$$u = f(v)$$

l'équation d'une courbe. On sait que (Cf. n° 10)

$$\operatorname{tg}\alpha = -f'(v),$$

où α désigne l'angle que fait le rayon vecteur du point de contact de la tangente (u,v) avec l'axe des X. De cette équation on tire

$$\alpha = -\operatorname{arctg} f'(v)$$

et par différentiation

$$\frac{d\alpha}{dv} = -\frac{f''(v)}{1+[f'(v)]^2}.$$

Par conséquent l'angle α croît ou décroît, suivant que $f''(v)$ est négatif ou positif.

17. *Concavité et convexité d'une courbe.* Soit v la variable indépendante à laquelle on convient de donner des accroissements positifs dv. Vue de l'origine, la courbe $u = f(v)$ sera convexe ou concave en un point dont la tangente possède les coordonnées u et v, suivant que pour ces valeurs u et v les quantités $d\tau$ et $f''(v)$ sont de même signe ou de signes contraires.

Cette règle est en défaut : 1° lorsque la tangente au point considéré passe par l'origine ou qu'elle est une asymptote, c'est-à-dire dans les cas où $d\tau$ s'annule ; 2° lorsque $f''(v) = 0$. Dans les deux cas, savoir $d\tau = 0$ et $f''(v) = 0$, le point considéré est un point singulier qui demande une étude spéciale.

18. *Contact des courbes.* Lorsque deux courbes

$$u = f(v) \quad \text{et} \quad u_1 = \varphi(v)$$

ont en commun une tangente (u,v) et son point de contact, on dit qu'elles possèdent en ce point un certain contact. Ce contact est évidemment d'autant plus intime que les tangentes des deux courbes qui suivent immédiatement la tangente commune, s'écartent moins l'une de l'autre. En effet, si trois courbes sont en contact et que la seconde courbe passe entre la première et la troisième, il est clair que le contact de cette courbe avec une des deux autres courbes sera plus intime que celui des deux autres courbes entre elles. Afin d'obtenir une définition plus précise du contact de deux courbes, il faut calculer leurs angles de contingence au point considéré.

Si par un accroissement positif h de la variable indépendante v la fonction u passe en $u + \Delta u = f(v+h)$, u_1 en $u_1 + \Delta u_1 = \varphi(v+h)$, les angles de contingence $\Delta\tau$ et $\Delta\tau_1$ deviennent (Cf. n° 15)

$$\Delta\tau = -\frac{v\Delta u - uh}{u^2+v^2}, \quad \Delta\tau_1 = -\frac{v\Delta u_1 - uh}{u^2+v^2},$$

et leur différence est

$$\Delta\tau_1 - \Delta\tau = -v.\frac{\Delta u_1 - \Delta u}{u^2+v^2},$$

d'où l'on tire

$$\mp\frac{\Delta\tau_1 - \Delta\tau}{k} = \Delta u_1 - \Delta u,$$

expression dans laquelle la projection sur l'axe des Y de la perpendiculaire, abaissée de l'origine sur la tangente considérée, est représentée par

$$\frac{v}{u^2+v^2} = \pm k.$$

Or, le développement de $(\Delta u_1 - \Delta u)$ suivant des puissances ascendantes de h commencera en général par un terme d'un ordre supérieur au premier. Divisant encore par h et posant

$$\mp\frac{\Delta\tau_1 - \Delta\tau}{hk} = \frac{\Delta u_1 - \Delta u}{h} = \mathrm{A}h^m + \mathrm{B}h^{m+n} + \dots\dots,$$

le plus petit des exposants, savoir m, sera appelé *l'ordre du contact des deux courbes.*

Cette définition est en défaut lorsque le point de contact de la tangente considérée se trouve sur l'axe des Y. Dans ce cas, il suffit de regarder u comme variable indépendante et de chercher le développement de $\frac{\Delta v_1 - \Delta v}{h}$ correspondant à un accroissement h de u.

En général, on aura soin de choisir la variable indépendante de façon que le développement de $(\Delta u_1 - \Delta u)$, ou de $(\Delta v_1 - \Delta v)$ commence par une puissance supérieure à la première. Alors la définition ne subit aucune exception.

Exemple 1. Les deux courbes

$$u - 1 = (v - 1)^{\frac{4}{3}},$$

$$u_1 - 1 = (v - 1)^{\frac{5}{4}}$$

ont en commun la tangente $u = u_1 = 1$, $v = 1$ et son point de contact $x = -1$, $y = 0$. Pour trouver l'ordre de leur contact, posons $v = 1 + h$, d'où il suit

$$\Delta u = h^{\frac{4}{3}} + \ldots..$$

$$\Delta u_1 = h^{\frac{5}{4}} + \ldots..$$

$$\frac{\Delta u_1 - \Delta u}{h} = h^{\frac{1}{4}} - h^{\frac{1}{3}} \ldots..$$

L'ordre de contact est par conséquent $= \frac{1}{4}$.

Exemple 2. Les courbes

$$u - 1 = (v - 1)^{\frac{3}{4}},$$

$$u_1 - 1 = (v - 1)^{\frac{4}{5}}$$

ont en commun la tangente $u = u_1 = 1$, $v = 1$ et son point de contact. Ce point de contact $x = 0$, $y = -1$ étant situé sur l'axe des Y, il convient de regarder u comme variable indépendante. Il va sans dire qu'on trouvera encore par là l'ordre de contact $= \frac{1}{4}$.

Exemple 3. Les courbes

$$u = v^{\frac{4}{3}}, \quad u_1 = v^{\frac{5}{4}}$$

se touchent à l'origine. Dans ce cas on a

$$\frac{\varDelta u_1 - \varDelta u}{h} = h^{\frac{1}{4}} - h^{\frac{1}{3}}.$$

Par conséquent l'ordre du contact des deux courbes à l'origine est encore $= \frac{1}{4}$.

Lorsque les deux fonctions

$$u = f(v) \text{ et } u_1 = \varphi(v)$$

permettent dans le voisinage des valeurs communes $v = v_0$, $u = u_1 = u_0$ le développement suivant le théorème de Taylor, en sorte que

$$u_0 + \varDelta u = f(v_0) + f'(v_0) \cdot \frac{h}{1} + f''(v_0) \cdot \frac{h^2}{1.2} + \ldots\ldots$$
$$+ f^n(v_0) \cdot \frac{h^n}{1.2\ldots n} + f^{n+1}(v_0) \cdot \frac{h^{n+1}}{1.2\ldots(n+1)} + \ldots\ldots$$

$$u_0 + \varDelta u_1 = \varphi(v_0) + \varphi'(v_0) \cdot \frac{h}{1} + \varphi''(v_0) \cdot \frac{h^2}{1.2} + \ldots\ldots$$
$$+ \varphi^n(v_0) \cdot \frac{h^n}{1.2\ldots n} + \varphi^{n+1}(v_0) \cdot \frac{h^{n+1}}{1.2\ldots(n+1)} + \ldots\ldots$$

la définition indiquée ci-dessus peut s'énoncer comme il suit : Les deux courbes $u = f(v)$ et $u_1 = \varphi(v)$ possèdent en une tangente commune (u_0, v_0), qui n'est pas une tangente singulière pour chacune d'elles, un contact de l'ordre n, lorsque pour $v = v_0$ les fonctions $f(v)$ et $\varphi(v)$, ainsi que leurs n premières dérivées, affectent les mêmes valeurs, tandis que les dérivées $(n+1)^{\text{ième}}$ $f^{n+1}(v)$ et $\varphi^{n+1}(v)$ prennent des valeurs différentes. En un tel endroit, les courbes ont $(n+1)$ tangentes consécutives communes et le contact se fait avec ou sans intersection suivant que n est un nombre pair ou impair.

Toutefois cette définition exige que le point de contact commun ne soit pas situé sur l'axe des Y.

Exemple. De quel ordre est le contact de la parabole

$$1 + 4u + 3u^2 = v^2 \quad \text{ou} \quad u = -\frac{2}{3} - \frac{1}{3}\sqrt{1 + 3v^2}$$

et de la circonférence

$$2u_1^2 + 2u_1 = v^2 \text{ ou } u_1 = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{1 + 2v^2}$$

au point $x = 1$, $y = 0$, c'est-à-dire au point de contact de la tangente commune $u = -1$, $v = 0$?

Pour $v = 0$, il vient $u = -1$,

$$\left(\frac{du}{dv}\right)_0 = 0, \quad \left(\frac{d^2u}{dv^2}\right)_0 = -1, \quad \left(\frac{d^3u}{dv^3}\right)_0 = 0, \quad \left(\frac{d^4u}{dv^4}\right) = 9;$$

$$u_1 = -1, \left(\frac{du_1}{dv}\right)_0 = 0, \left(\frac{d^2u_1}{dv^2}\right)_0 = -1, \left(\frac{d^3u_1}{dv^3}\right)_0 = 0, \left(\frac{d^4u_1}{dv^4}\right)_0 = 6.$$

Les trois premières dérivées des fonctions u et u_1 étant égales, les dérivées quatrièmes différentes pour $v = 0$, il s'ensuit que l'ordre du contact des deux courbes $= 3$.

19. *Cercle osculateur, différentielle de l'arc, rayon de courbure.* Le cercle osculateur en une tangente donnée (u,v) d'une courbe a trois tangentes consécutives communes avec la courbe. Par là ce cercle est défini uniformément; car trois tangentes consécutives étant données, le sens de courbure l'est en même temps. Si donc α et β sont les coordonnées cartésiennes de son centre, ϱ son rayon, l'équation du cercle osculateur aura la forme

$$(\alpha U + \beta V + 1)^2 = \varrho^2 (U^2 + V^2),$$

et les constantes α, β et ϱ seront déterminées par les trois conditions

$$(\alpha u + \beta v + 1)^2 = \varrho^2 (u^2 + v^2),$$

$$(\alpha u + \beta v + 1)\left(\alpha \frac{du}{dv} + \beta\right) = \varrho^2 \left(u \frac{du}{dv} + v\right),$$

$$(\alpha u + \beta v + 1)\,\alpha \frac{d^2u}{dv^2} + \left(\alpha \frac{du}{dv} + \beta\right)^2 = \varrho^2 \left[1 + \left(\frac{du}{dv}\right)^2 + u \frac{d^2u}{dv^2}\right]$$

qui indiquent que la circonférence admet la tangente (u,v) et les deux tangentes qui la suivent immédiatement. Au lieu de résoudre ces équations, ce qui n'offre aucune difficulté, on se borne à chercher l'expression du rayon de courbure par la voie suivante :

Supposons la courbe donnée sous la forme

$$v = \varphi(t), \quad u = \psi(t).$$

Alors on tire des formules

$$\left\{\begin{aligned} x &= \frac{v'}{vu' - uv'} \\ y &= -\frac{u'}{vu' - uv'} \end{aligned}\right. \qquad \text{(Cf. n}^\circ\text{ 10.)}$$

par différentiation

$$\left\{\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= v \cdot \frac{u'v'' - v'u''}{(vu' - uv')^2} \\ \frac{dy}{dt} &= -u \cdot \frac{u'v'' - v'u''}{(vu' - uv')^2} \end{aligned}\right.$$

d'où pour la différentielle de l'arc :

$$ds = \pm \frac{u'v'' - v'u''}{(vu' - uv')^2} \sqrt{u^2 + v^2}.$$

Le signe du radical sera toujours choisi en sorte que *ds* soit positif.

Or, comme $\varrho = \frac{ds}{d\tau}$, il vient

$$\varrho = \frac{u'v'' - v'u''}{(vu' - uv')^3} \sqrt{(u^2 + v^2)^3}.$$

D'après ce qui vient d'être établi relativement au signe de *ds*, il est clair que ϱ aura toujours le signe de $d\tau$. En d'autres termes : Un observateur placé au point considéré de manière à avoir le point infiniment voisin (correspondant à un accroissement positif de la variable indépendante) devant lui, verra le centre de courbure à sa gauche ou à sa droite, suivant que ϱ sera positif ou négatif.

20. *Tangentes multiples.* Soit $f(\mathrm{U},\mathrm{V}) = 0$ l'équation de la courbe. D'après le théorème de Maclaurin on peut écrire

$$f(\mathrm{U},\mathrm{V}) = \mathrm{A}_0 + \mathrm{A}_1(\mathrm{V} - v) + \mathrm{A}_2(\mathrm{U} - u) +$$
$$+ \frac{1}{2}[\mathrm{A}_{11}(\mathrm{V} - v)^2 + 2\mathrm{A}_{12}(\mathrm{V} - v)(\mathrm{U} - u) + \mathrm{A}_{22}(\mathrm{U} - u)^2] +$$
$$+ \frac{1}{6}[\mathrm{A}_{111}(\mathrm{V} - v)^3 + 3\mathrm{A}_{112}(\mathrm{V} - v)^2(\mathrm{U} - u) +$$
$$+ 3\mathrm{A}_{122}(\mathrm{V} - v)(\mathrm{U} - u)^2 + \mathrm{A}_{222}(\mathrm{U} - u)^3] + \dots\dots,$$

où

$$\mathrm{A}_0 = f(u,v),\ \mathrm{A}_1 = \left(\frac{df}{d\mathrm{V}}\right)_{u,v},\ \mathrm{A}_2 = \left(\frac{df}{d\mathrm{U}}\right)_{u,v},$$

$$\mathrm{A}_{11} = \left(\frac{d^2f}{d\mathrm{V}^2}\right)_{u,v},\ \mathrm{A}_{12} = \left(\frac{d^2f}{d\mathrm{V}\,d\mathrm{U}}\right)_{u,v},\ \mathrm{A}_{22} = \left(\frac{d^2f}{d\mathrm{U}^2}\right)_{u,v} \text{ etc.}$$

Or, si $A_0 = 0$, la droite $V = v$, $U = u$ est une tangente de la courbe et son point de contact est donné par l'équation

$$A_1(V - v) + A_2(U - u) = 0.$$

Si on a simultanément $A_0 = 0$ et $A_1 = A_2 = 0$, la droite $V = v$, $U = u$ est une tangente double de la courbe. Ses deux points de contact s'obtiennent par l'équation

$$A_{11}(V - v)^2 + 2A_{12}(V - v)(U - u) + A_{22}(U - u)^2 = 0.$$

Pour que la courbe possède une tangente multiple, il faut, comme on vient de le voir, que $f(U,V)$ satisfasse aux conditions

$$A_0 = A_1 = A_2 = 0;$$

la tangente est double, si les dérivées secondes de $f(U,V)$, savoir A_{11}, A_{12}, A_{22} ne sont pas toutes égales à zéro, et ses points de contact sont réels ou imaginaires, suivant que

$$A_{12}^2 - A_{11}A_{22} \gtrless 0;$$

ils sont réels et ils coïncident, lorsque $A_{12}^2 = A_{11}A_{22}$. Dans ce dernier cas, la tangente considérée est une tangente singulière de la courbe. Pour reconnaître la singularité qui a lieu, il faudrait tenir compte des premiers termes d'un ordre supérieur au second, qui ne s'annulent pas. Comme cette étude est en général assez pénible, elle ne sera pas poussée plus loin, attendu que l'on va déterminer les singularités d'une courbe par un autre procédé qui, le plus souvent, présente moins de longueur.

On voit facilement quelles sont les conditions qui amènent une tangente triple, quadruple, etc.

Exemple 1. Pour la courbe

$$(u^2 + v^2)^2 - (u^2 - v^2) = 0$$

la droite à l'infini ($v = u = 0$) est une tangente double. Ses points de contact $u = \pm v$ se trouvent dans les directions $\alpha = \pm 45°$. (Pl. 24, fig.3.)

Exemple 2. La courbe

$$(v-1)^4 + (u-1)^4 - 2a(v-1)^3 + 2b(u-1)^2(v-1) = 0$$

possède une tangente triple $u = 1$, $v = 1$. Les trois points de contact sont déterminés par les équations

$$v = 1, \; \frac{u-1}{v-1} = \pm \sqrt{\frac{a}{b}}.$$

21. *Éléments singuliers.* Soit $u = u_0$, $v = v_0$ une tangente singulière, (x_0, y_0) son point de contact. Pour trouver la forme qu'affecte la courbe en ce point, on prend ce point pour origine, la tangente considérée pour axe des abscisses et la normale correspondante pour axe des ordonnées d'un nouveau système de coordonnées, et l'on développe u et v suivant les puissances ascendantes d'une troisième variable t. Ces développements permettent de reconnaître l'ordre dont u et v deviennent infiniment grands à la nouvelle origine. On aura par exemple

$$u = at^{-m} + a_1 t^{-m+m'} + \ldots\ldots,$$
$$v = bt^{-n} + b_1 t^{-n+n'} + \ldots\ldots,$$

où $a, a_1, b, b_1 \ldots$ sont des constantes différentes de zéro, m et n des nombres entiers, et puisque l'axe des abscisses est une tangente de la courbe évidemment $n > m$. Alors quatre cas peuvent se présenter :

1. Si m est un nombre *impair* et n un nombre *pair*, l'élément de courbe se trouve des deux côtés de la normale et en entier du même côté de la tangente. La singularité en question tient à ce que le contact de la tangente avec la courbe est d'un ordre différent du premier.

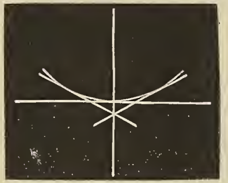


Fig. 4.

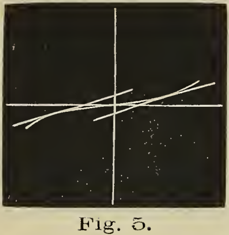


Fig. 5.

2. Soient m et n des nombres *impairs*. Alors l'élément de courbe possède des points des deux côtés de la normale et en même temps des deux côtés de la tangente. Le point considéré est un *point d'inflexion.*

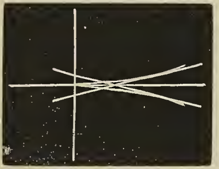


Fig. 6.

3. Lorsque m est un nombre *pair*, n un nombre *impair*, l'élément de courbe se trouve des deux côtés de la tangente et en entier du même côté de la normale et le point singulier est un *point de rebroussement de la première espèce.*

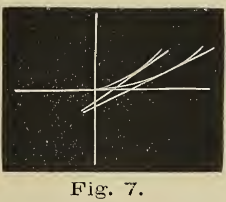


Fig. 7.

4. Si enfin m et n sont des nombres *pairs*, l'élément reste en entier non-seulement du même côté de la tangente, mais aussi du même côté de la normale. Le point critique est alors un *point de rebroussement de la seconde espèce.*

Exemples. L'origine est un point singulier pour les quatre courbes

$$1)\quad u = v^{\frac{1}{3}} \text{ ou } \begin{cases} u = t^{-1} \\ v = t^{-3} \end{cases};\quad 2)\quad u = v^{\frac{2}{3}} \text{ ou } \begin{cases} u = t^{-2} \\ v = t^{-3} \end{cases},$$

$$3)\ v = u^2 + u^{\frac{3}{2}} \text{ ou } \begin{cases} u = t^{-2} \\ v = t^{-4} + t^{-3} \end{cases},\ 4)\ u = v^{\frac{3}{4}} \text{ ou } \begin{cases} u = t^{-3} \\ v = t^{-4} \end{cases},$$

savoir un point d'inflexion pour la première, un point de rebroussement de la première espèce pour la seconde et un point de rebroussement de la seconde espèce pour la troisième. La singularité de la quatrième courbe consiste en ce qu'à l'origine la courbe forme un contact de l'ordre $\frac{1}{3}$ avec l'axe des X. (Pl. 24, fig. 4-7.)

Exemple 5. On propose de chercher les singularités de la courbe

$$(u+1)^3 = -(v+1)^2.$$

En posant

$$\begin{cases} u = -(1+t^2) \\ v = -\ 1+t^3 \end{cases}$$

cette équation est identiquement satisfaite. On reconnaît facilement que l'origine est un point de rebroussement de la première espèce et que la tangente $u=-1$, $v=-1$ avec le point de contact $x=0$, $y=1$ est une tangente singulière. Pour trouver la forme qu'affecte la courbe en ce dernier point, on transporte d'abord l'origine du système de coordonnées au point $x=0$, $y=1$, ce qui donne (Cf. n° 7, 1.)

$$u_1 = -\frac{1+t^2}{t^3}, \quad v_1 = \frac{-1+t^3}{t^3}$$

et l'on tourne ensuite les axes coordonnés d'un angle de — 45°. (Cf. n° 7, 2.). Alors il vient

$$u_2 = -\frac{1}{\sqrt{2}}(t^{-1}+1); \; v_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(-2t^{-3}-t^{-1}+1).$$

Comme dans ce cas $m=1$, $n=3$, le point considéré est un point d'inflexion. (Pl. 24, fig. 8.)

22. *Polaires réciproques.* L'équation de la polaire du point (ξ, η) par rapport à la circonférence $x^2+y^2=1$ est

$$\xi x + \eta y = 1.$$

Si l'on pose $\xi = -u$. $\eta = -v$, on obtient l'équation

$$ux + vy + 1 = 0$$

qui a servi de point de départ au présent mémoire. Suivant qu'on l'interprète en coordonnées ponctuelles ou en coordonnées tangentielles, elle représente soit la polaire du point (ξ, η), soit le pôle de la droite $\xi x + \eta y = 1$. La polaire d'un point figure ainsi comme lieu géométrique des pôles de toutes les droites passant par ce point, et le pôle d'une droite est l'enveloppe de toutes les polaires des points de cette droite.

Lorsque le point (ξ, η) décrit une courbe $f(\xi, \eta) = 0$, la droite (u, v), polaire du point (ξ, η), enveloppe une seconde courbe $f(-u, -v) = 0$. Deux courbes, liées entre elles de la manière indiquée, ont été appelées des *polaires réciproques* par rapport à la circonférence $x^2 + y^2 = 1$. Les substitutions

$$\xi = -u, \ \eta = -v$$

dans l'équation $f(\xi, \eta) = 0$ et

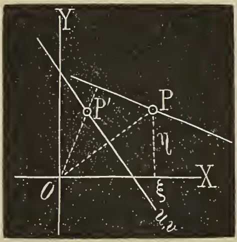
$$u = -\xi, \ v = -\eta$$

dans l'équation $f(u, v) = 0$ résolvent par conséquent le problème de trouver en coordonnées $\left.\begin{matrix}\text{tangentielles}\\ \text{ponctuelles}\end{matrix}\right\}$ la polaire réciproque d'une courbe donnée en coordonnées $\left.\begin{matrix}\text{ponctuelles}\\ \text{tangentielles}\end{matrix}\right\}$. En même temps ces considérations permettent de reconnaître la nature intime des coordonnées tangentielles.

Les relations $\xi = -u$, $\eta = -v$ entraînent les autres qui suivent :

$$\frac{d\eta}{d\xi} = \frac{dv}{du}, \quad \frac{\eta}{\xi} = \frac{v}{u}, \quad \sqrt{\xi^2 + \eta^2} = \sqrt{u^2 + v^2},$$

d'où il résulte que la tangente au point (ξ, η) de la courbe $f(\xi, \eta) = 0$ est perpendiculaire au rayon vecteur du point de contact de la tangente $(-u, -v)$ de la courbe $f(-u, -v) = 0$ et réciproquement, et que le rayon vecteur du point (ξ, η) est la valeur réciproque de la distance de l'origine à la tangente $(-u, -v)$. (Cf. n° 6.)



Fig, 8.

Le principe de la dualité que l'on rencontre ici, règne dans toute la géométrie. Aussi les géomètres se sont-ils servis de ce puissant instrument pour doubler en quelque sorte les résultats de leurs recherches. Il serait inutile d'insister plus longuement sur ce principe qu'on trouve développé dans tous les bons ouvrages sur la géométrie analytique, notamment dans les excellents ouvrages de M. Salmon. Qu'il suffise d'avoir montré le rapport qui existe entre les coordonnées ponctuelles et les coordonnées tangentielles.

23. *Podaire d'une courbe par rapport à l'origine.* Si d'un point donné A on abaisse des perpendiculaires sur toutes les tangentes d'une courbe donnée, le lieu géométrique des pieds de ces perpendiculaires est une courbe qu'on appelle *la podaire* de la courbe donnée par rapport au point A. On va chercher les relations qui existent entre les coordonnées tangentielles (u,v) d'une tangente quelconque d'une courbe et les coordonnées ponctuelles (x,y) du point correspondant de sa podaire par rapport à l'origine. Soit

$$ux + vy + 1 = 0$$

la tangente considérée,

$$uy - vx = 0$$

la perpendiculaire abaissée de l'origine sur cette tangente. De ces deux équations on tire

$$(1) \left\{ \begin{aligned} x &= -\frac{u}{u^2+v^2}, \\ y &= -\frac{v}{u^2+v^2}, \end{aligned} \right.$$

et réciproquement :

$$(2) \left\{ \begin{aligned} u &= -\frac{x}{x^2+y^2}, \\ v &= -\frac{y}{x^2+y^2}. \end{aligned} \right.$$

Ces formules résolvent le problème de la podaire et le problème réciproque. En effet, si $f(u,v)=0$ est la courbe donnée, $f\left(-\frac{x}{x^2+y^2}, -\frac{y}{x^2+y^2}\right)=0$ est l'équation de sa podaire, et si $\varphi(x,y)=0$ est l'équation de la courbe donnée, $\varphi\left(-\frac{u}{u^2+v^2}, -\frac{v}{u^2+v^2}\right)=0$ sera celle de la courbe dont la proposée est la podaire.

Exemple 1. Si l'on fait les substitutions (2) dans l'équation de l'ellipse

$$a^2u^2+b^2v^2=1,$$

il vient pour la podaire par rapport à l'origine

$$a^2x^2+b^2y^2=(x^2+y^2)^2.$$

Exemple 2. Pour la parabole

$$p(u^2+v^2)=2u,$$

rapportée à son foyer, on obtient la podaire

$$p.\frac{x^2+y^2}{(x^2+y^2)^2}=-\frac{2x}{x^2+y^2}, \quad \text{ou } x=-\frac{p}{2}.$$

Exemple 3. La lemniscate

$$(x^2+y^2)^2-a^2(x^2-y^2)=0$$

est la podaire de l'hyperbole équilatère

$$a^2(u^2-v^2)=1.$$

24. *Courbes équidistantes.* Lorsqu'on porte des deux côtés des points d'une courbe donnée sur les normales une longueur constante k, l'ensemble des points ainsi obtenus forme une nouvelle courbe (qui dans certains cas peut dégénérer en deux courbes différentes) qu'on appelle *courbe équidistante* de la courbe proposée. Elle peut aussi être considérée comme l'enveloppe d'un cercle de rayon k dont le centre se meut le long de la courbe donnée. De ces définitions il suit immédiatement que les tangentes en des points correspondants des deux courbes sont parallèles. C'est cette propriété qui servira à établir l'équation de la courbe équidistante en coordonnées tangentielles.

Soit $f(u,v) = 0$ la courbe donnée. Si $\varrho = \frac{1}{\sqrt{u^2 + v^2}}$ est la distance de l'origine à une tangente quelconque (u,v) de cette courbe

$$(1) \qquad \varrho \pm k = \frac{1}{\sqrt{u^2 + v^2}} \pm k = \frac{1}{\sqrt{U^2 + V^2}}$$

sera la distance de l'origine à la tangente correspondante (U,V) de la courbe équidistante. Comme ces tangentes sont parallèles, on a de plus

$$(2) \qquad \frac{U}{V} = \frac{u}{v}\,.$$

En résolvant les équations (1) et (2) par rapport à u et v on trouve

$$\left\{\begin{aligned} u &= \frac{U}{1 \mp k\sqrt{U^2 + V^2}}\,, \\ v &= \frac{V}{1 \mp k\sqrt{U^2 + V^2}}\,. \end{aligned}\right.$$

En conséquence, pour obtenir l'équation de la courbe équidistante, il suffit de remplacer dans l'équation donnée u et v par les valeurs trouvées.

Exemple 1. Si l'on fait les substitutions indiquées dans l'équation de la circonférence de rayon r et du centre (α,β),

$$(\alpha u + \beta v + 1)^2 = r^2 (u^2 + v^2),$$

il vient

$$(\alpha U + \beta V + 1 \mp k\sqrt{U^2+V^2})^2 = r^2(U^2+V^2)$$

ou

$$(\alpha U + \beta V + 1)^2 = (r \pm k)^2(U^2+V^2),$$

ce qui représente deux circonférences concentriques des rayons $(r \pm k)$.

Exemple 2. Pour l'ellipse $a^2u^2 + b^2v^2 = 1$ ou

$$u = \frac{\cos\varphi}{a}, \quad v = \frac{\sin\varphi}{b},$$

on trouve

$$\frac{U}{1 \mp k\sqrt{U^2+V^2}} = \frac{\cos\varphi}{a}, \quad \frac{V}{1 \mp k\sqrt{U^2+V^2}} = \frac{\sin\varphi}{b},$$

d'où, en éliminant l'angle φ

$$a^2U^2 + b^2V^2 = (1 \mp k\sqrt{U^2+V^2})^2.$$

Remarque. Afin de faire un travail un peu complet, tout en conservant le cadre limité de ce mémoire, il a fallu aborder le problème des courbes équidistantes, bien que cette partie du mémoire, comme du reste plusieurs autres qui ont été ajoutées dans le même but, n'offre absolument rien de nouveau. Pour plus de détails, on renvoie le lecteur à l'ouvrage, cité déjà plusieurs fois : Salmon, Higher pl. curves.

25. *Problème analogue à celui des trajectoires.* La traduction du problème des trajectoires isogonales en coordonnées tangentielles donne lieu au problème suivant qui ne manque pas d'intérêt : Etant donné un système de courbes $f(u,v;a) = 0$, où a signifie un paramètre variable, trouver un autre système $F(u,v;C) = 0$ tel que chaque courbe de l'un des systèmes ait au moins une tangente (réelle ou imaginaire) commune à chaque courbe de l'autre système et que les rayons vecteurs des points de contact (ou le prolongement de l'un d'eux) fassent entre eux un angle constant β, en sorte que pour un observateur à l'origine qui regarderait simultanément les deux points de contact des tangentes communes, l'angle des rayons visuels soit toujours le même.

Soit
$$F\left(u,v,\frac{du}{dv}\right)=0$$

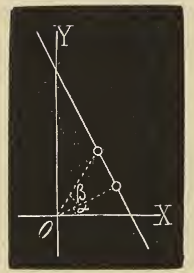


Fig. 9.

l'équation différentielle du système de courbes donné. On en tire

$$\operatorname{tg}\alpha=-\frac{du}{dv}=-\varphi(u,v).$$

Or, pour les courbes cherchées on doit avoir

$$-\frac{du}{dv}=\operatorname{tg}(\alpha+\beta)=\frac{\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta}{1-\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta}=\frac{-\varphi(u,v)+\operatorname{tg}\beta}{1+\varphi(u,v).\operatorname{tg}\beta}.$$

L'équation différentielle du système de courbes cherché est par conséquent

$$\frac{du}{dv}=\frac{\varphi(u,v)-\operatorname{tg}\beta}{1+\varphi(u,v).\operatorname{tg}\beta}.$$

L'intégrale générale de cette équation résout le problème proposé.

Dans le cas particulier $\beta=90°$, l'équation différentielle des courbes cherchées prend la forme simple

$$\frac{du}{dv}=-\frac{1}{\varphi(u,v)}.$$

Exemple. On demande de résoudre le problème énoncé pour les paraboles confocales avec l'origine comme foyer commun

$$(1) \qquad u^2 + v^2 = \frac{2u}{a}$$

et $\beta = 90°$.

L'équation différentielle du système donné étant

$$\frac{du}{dv} = \frac{2uv}{v^2 - u^2},$$

celle des courbes cherchées devient

$$\frac{du}{dv} = -\frac{v^2 - u^2}{2uv}.$$

L'intégrale générale de cette dernière est

$$(2) \qquad u^2 + v^2 = \frac{2v}{C}.$$

On reconnaît aisément que ces courbes sont identiques, à l'inversion des axes près, avec les courbes données.

Comme les équations (1) et (2) sont satisfaites pour $u = v = 0$, la droite à l'infini est une tangente commune à toutes les courbes. Deux courbes quelconques des deux systèmes possèdent en outre la tangente commune

$$u = \frac{2a}{a^2 + C^2}, \quad v = \frac{2C}{a^2 + C^2};$$

sa direction est donnée par

$$\operatorname{tg} \tau = -\frac{u}{v} = -\frac{a}{C}.$$

Lorsque $a = C$, il vient $u = v$, c'est-à-dire la tangente commune à deux courbes correspondant à la même valeur des paramètres a et C, fait l'angle $\tau = -45°$ avec l'axe des X. On peut observer encore que ses points de contact se trouvent sur les axes coordonnés. (Pl. 25, fig. 9.)

B. Coordonnées tangentielles polaires.

26. La longueur ϱ de la perpendiculaire abaissée de l'origine sur une droite $\frac{x}{a}+\frac{y}{b}=1$ et l'angle φ que fait cette perpendiculaire avec l'axe des X, déterminent complètement la droite. En raison de l'analogie qui existe entre cette manière de fixer la position d'une droite et celle qui consiste à déterminer un point par ses coordonnées polaires, il paraît convenable d'appeler ϱ et φ les *coordonnées tangentielles polaires* de la droite $\frac{x}{a}+\frac{y}{b}=1$, savoir ϱ son *rayon vecteur* et φ sa *déviation.*

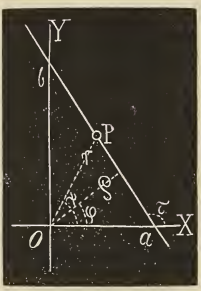


Fig. 10.

La transformation des coordonnées tangentielles rectilignes en coordonnées tangentielles polaires est donnée par les formules

$$a=\frac{\varrho}{\cos\varphi}=-\frac{1}{u},$$

$$b=\frac{\varrho}{\sin\varphi}=-\frac{1}{v},$$

d'où

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} u&=-\frac{\cos\varphi}{\varrho}\\ v&=-\frac{\sin\varphi}{\varrho}\end{aligned}\right.$$

et la transformation inverse par

(2)

$$\varrho=\frac{1}{\sqrt{u^2+v^2}},\cos\varphi=-\frac{u}{\sqrt{u^2+v^2}},\sin\varphi=-\frac{v}{\sqrt{u^2+v^2}},\ \mathrm{tg}\varphi=\frac{v}{u}.$$

L'équation $\varrho =$ const. représente une circonférence du rayon ϱ comme l'enveloppe de toutes ses tangentes. L'équation $\varphi =$ const. signifie un point à l'infini dans la direction perpendiculaire à φ. On peut envisager ce point comme l'enveloppe de toutes les droites perpendiculaires à la direction φ. Les deux équations ensemble déterminent par conséquent (le signe de ϱ étant donné) une tangente particulière de la circonférence.

En faisant les substitutions (1) dans l'équation

$$ux + vy + 1 = 0,$$

il vient

$$x \cos\varphi + y \sin\varphi = \varrho \tag{3}$$

et si l'on pose encore

$$x = r\cos\psi, \quad y = r\sin\psi,$$

où r et ψ sont les coordonnées ponctuelles polaires du point (x,y) :

$$r\cos(\psi - \varphi) = \varrho. \tag{4}$$

Les équations (3) et (4) représentent indifféremment soit en coordonnées tangentielles un point (x,y) ou (r,ψ), soit en coordonnées ponctuelles une droite (ϱ,φ), suivant qu'on y regarde x et y, r et ψ ou ϱ et φ comme constants.

Lorsqu'il existe entre ϱ et φ une équation $f(\varrho,\varphi) = 0$, les équations (3) et (4) représentent pour chaque couple de valeurs de ϱ et φ une droite; l'ensemble de ces droites enveloppe une courbe $F(x,y) = 0$ ou $\Phi(r,\psi) = 0$ dont l'équation en coordonnées tangentielles est précisément $f(\varrho,\varphi) = 0$.

Si, au contraire, on envisage x et y, r et ψ comme paramètres variables, liés entre eux par les équations $F(x,y) = 0$ ou $\Phi(r,\psi) = 0$, les équations (3) et (4) donnent pour chaque couple de valeurs de x et y ou de r et ψ, un point, et l'ensemble de ces points forme un lieu géométrique, savoir $F(x,y) = 0$ ou $\Phi(r,\psi) = 0$.

27. *Transformation des coordonnées ponctuelles en coordonnées tangentielles polaires et vice-versa.* Soit

$$f(\varrho, \varphi) = 0$$

l'équation d'une courbe. Une tangente quelconque de cette courbe est donnée en coordonnées ponctuelles par

$$(1) \qquad x \cos \varphi + y \sin \varphi = \varrho.$$

En différentiant cette dernière équation par rapport à φ, on obtient pour la tangente infiniment voisine

$$(2) \qquad -x \sin \varphi + y \cos \varphi = \frac{d\varrho}{d\varphi}.$$

De (1) et (2) on tire les formules de transformation

$$\begin{cases} x = r \cos \psi = \varrho \cos \varphi - \dfrac{d\varrho}{d\varphi} \sin \varphi, \\ y = r \sin \psi = \varrho \sin \varphi + \dfrac{d\varrho}{d\varphi} \cos \varphi, \end{cases}$$

$$\frac{y}{x} = \operatorname{tg} \psi = \frac{\varrho \sin \varphi + \dfrac{d\varrho}{d\varphi} \cos \varphi}{\varrho \cos \varphi - \dfrac{d\varrho}{d\varphi} \sin \varphi},$$

$$r^2 = \varrho^2 + \left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2.$$

Dans ces formules ϱ est considéré comme fonction de φ; en conséquence, il suffit d'éliminer des deux premières équations le paramètre φ pour obtenir l'équation de la courbe sous une des formes $F(x,y) = 0$ et $\Phi(r,\psi) = 0$.

Lorsque la courbe est donnée en coordonnées ponctuelles rectilignes

$$F(x,y) = 0$$

l'équation

$$(1) \qquad x \cos \varphi + y \sin \varphi = \varrho,$$

interprétée en coordonnées tangentielles, représente un point de la courbe. Le point infiniment voisin satisfait à l'équation

$$(3) \qquad \cos\varphi + \sin\varphi \frac{dy}{dx} = 0.$$

De ces deux équations il suit

$$\left\{\begin{aligned} \varrho &= \frac{y - x\dfrac{dy}{dx}}{\sqrt{1+\left(\dfrac{dy}{dx}\right)^2}}, \\ \operatorname{cotg}\varphi &= -\frac{dy}{dx}. \end{aligned}\right.$$

En éliminant x (y étant considéré comme fonction de x) de ces dernières équations, on arrive à l'équation $f(\varrho, \varphi) = 0$ de la courbe en coordonnées tangentielles polaires.

Enfin, si l'on veut passer des coordonnées ponctuelles polaires aux coordonnées tangentielles polaires, on partira des équations

$$r\cos(\psi - \varphi) = \varrho,$$

$$\frac{dr}{d\psi}\cos(\psi - \varphi) - r\sin(\psi - \varphi) = 0,$$

desquelles on tire

$$\left\{\begin{aligned} \varrho &= \frac{r^2}{\sqrt{r^2+\left(\dfrac{dr}{d\psi}\right)^2}}, \\ \operatorname{tg}\varphi &= \frac{r\sin\psi - \dfrac{dr}{d\psi}\cos\psi}{r\cos\psi + \dfrac{dr}{d\psi}\sin\psi}. \end{aligned}\right.$$

Pour les applications qui vont suivre, il sera utile d'établir les équations en coordonnées tangentielles polaires de quelques courbes bien connues.

Coord. ponct. **Coord. tg. pol.**

1) *Le point.*

$x = a,\ y = b$, ou

$au + bv + 1 = 0$ . . . . $\varrho = a \cos\varphi + b \sin\varphi.$

2) *La circonférence.*

$(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 = a^2$. . . . . $\varrho = a + \alpha\cos\varphi + \beta\sin\varphi.$

3) *La parabole.*

$y^2 = 2p\left(\frac{p}{2} - x\right)$ . . . . $\varrho\cos\varphi = \frac{1}{2}p.$

4) *L'ellipse.*

$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ . . . . $\varrho = \sqrt{a^2\cos^2\varphi + b^2\sin^2\varphi}.$

5) *L'hyperbole équilatère.*

$x^2 - y^2 = a^2$ . . . . $\varrho = a\sqrt{\cos 2\varphi}\,.$

6) *La spirale logarithmique.*

$r = e^{k\psi}$ . . . . $\varrho = \cos\vartheta\, e^{(\vartheta+\varphi)\operatorname{tg}\vartheta}$,

où $\vartheta = \operatorname{arctg} k.$

7) *La développante du cercle.*

$$\begin{cases} x = a(\lambda\cos\lambda - \sin\lambda) \\ y = a(\lambda\sin\lambda + \cos\lambda) \end{cases} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad \varrho = a\varphi.$$

8) *La cycloïde.*

$$\begin{cases} x = a(\cos\lambda - 1) \\ y = a(\lambda + \sin\lambda) \end{cases} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \varrho = 2a\varphi\sin\varphi.$$

9) *L'épicycloïde.*

$$\begin{cases} x = -\,a\sin\lambda + b\sin\frac{a}{b}\lambda \\ y = a\cos\lambda - b\cos\frac{a}{b}\lambda \end{cases} \quad . \; . \; . \quad \varrho = (a+b)\sin\left(\frac{a-b}{a+b}\varphi\right),$$

où le rayon du cercle fixe $= (a - b)$ et celui du cercle mobile $= b$. Lorsque b est négatif, la courbe devient une hypocycloïde, par exemple pour $a = \frac{3}{4}c,\ b = -\frac{1}{4}c$

10) *L'astroïde.*

$$\begin{cases} x = c\cos^3\lambda \\ y = c\sin^3\lambda \end{cases} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \varrho = \frac{1}{2}c\sin 2\varphi.$$

Observation. On reconnaît immédiatement que si $f(\varrho,\varphi)=0$ est l'équation d'une courbe en coordonnées tangentielles polaires, $f(r,\psi)=0$ sera celle de sa podaire par rapport à l'origine. En d'autres termes : Le problème de trouver l'équation d'une courbe en coordonnées tangentielles polaires est identique avec celui de trouver en coordonnées ponctuelles polaires la podaire de cette courbe par rapport à l'origine.

Interprété à ce point de vue, le tableau précédent donne les podaires des courbes dont il y est question.

28. *Interprétation géométrique de la dérivée* $\frac{d\varrho}{d\varphi}$. *Asymptotes.* De l'équation

$$r^2=\varrho^2+\left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2$$

il suit que la valeur absolue de $\frac{d\varrho}{d\varphi}$ est un côté d'un triangle rectangle dont l'hypoténuse est le rayon vecteur r du point de contact et l'autre côté le rayon vecteur ϱ de la tangente (ϱ,φ) (fig. 10). La dérivée $\frac{d\varrho}{d\varphi}$ mesure par conséquent sur la tangente la distance du pied de la perpendiculaire ϱ au point de contact. Vu de l'origine, le point de contact se trouve à gauche ou à droite de la perpendiculaire ϱ, suivant que la valeur absolue de ϱ augmente ou diminue avec les angles croissants.

La tangente (ϱ,φ) est une *asymptote* toutes les fois que $\frac{d\varrho}{d\varphi}$ devient infiniment grand, sans qu'on ait en même temps $\varrho=\infty$.

29. Les coordonnées tangentielles se prêtent facilement à la résolution de certains problèmes élémentaires tels que les suivants : 1) On demande une courbe pour laquelle la distance du point de contact d'une tangente quelconque au pied de la perpendiculaire, abaissée de l'origine sur cette tangente, soit une fonction donnée $F(\varrho,\varphi)$ de ϱ et φ.

L'intégrale de l'équation différentielle

$$\frac{d\varrho}{d\varphi} = F(\varrho,\varphi)$$

fournit la solution.

2) On cherche une courbe telle que le rayon vecteur du point de contact d'une tangente (ϱ,φ) fasse avec celui de la tangente un angle qui soit une fonction donnée $F(\varrho,\varphi)$ de ϱ et φ.

Comme $\operatorname{tg}(\psi-\varphi) = \frac{1}{\varrho}\frac{d\varrho}{d\varphi}$, ce problème conduit à l'équation différentielle

$$\frac{1}{\varrho}\frac{d\varrho}{d\varphi} = \operatorname{tg}\left[F(\varrho,\varphi)\right].$$

3) On demande une courbe telle que le rayon vecteur du point de contact d'une tangente (ϱ,φ) soit une fonction donnée $F(\varrho,\varphi)$ de ϱ et φ. Ce problème exige la résolution de l'équation différentielle

$$F(\varrho,\varphi) = \sqrt{\varrho^2 + \left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2}\,.$$

Etc.

Exemple 1. Trouver une courbe pour laquelle la distance du point de contact d'une tangente quelconque au pied de la perpendiculaire abaissée de l'origine sur cette tangente soit constante $= a$.

On obtient immédiatement

$$\frac{d\varrho}{d\varphi} = a,$$

d'où $\varrho = a\varphi + C$. (Développante du cercle.)

Exemple 2. On veut que cette distance soit toujours $= n\varrho$. Alors il vient

$$\frac{d\varrho}{d\varphi} = n\varrho,$$

$$\varrho = Ce^{n\varphi}. \quad \text{(Spirale logarithmique).}$$

Exemple 3. On cherche une courbe pour laquelle $\psi = n\varphi$. Dans ce cas on est conduit à l'équation différentielle

$$\frac{1}{\varrho}\frac{d\varrho}{d\varphi} = \operatorname{tg}(n-1)\varphi,$$

dont l'intégrale est

$$\varrho = \frac{C}{\sqrt[n-1]{\cos(n-1)\varphi}}.$$

Pour $n = 1$ cette équation représente la circonférence $\varrho = C$, pour $n = 2$ une parabole, rapportée à son foyer.

Exemple 4. Quelle est la courbe qui satisfait à la relation $r = n\varrho$?

La réponse est donnée par l'intégrale de l'équation différentielle

$$n\varrho = \sqrt{\varrho^2 + \left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2},$$

savoir par

$$\varrho = Ce^{\varphi\sqrt{n^2-1}}. \quad \text{(Spirale logarithmique).}$$

30. *Différentielle de l'arc. Angle de contingence. Rayon de courbure.* En différentiant les équations (Cf. n° 27)

$$\begin{cases} x = \varrho\cos\varphi - \dfrac{d\varrho}{d\varphi}\sin\varphi, \\ y = \varrho\sin\varphi + \dfrac{d\varrho}{d\varphi}\cos\varphi, \end{cases}$$

par rapport à φ, on obtient

$$\left\{\begin{aligned} dx &= -\left(\varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right) \sin\varphi \, d\varphi , \\ dy &= \quad \left(\varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right) \cos\varphi \, d\varphi , \end{aligned}\right.$$

d'où il suit pour la *différentielle de l'arc*

$$ds = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \left(\varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right) d\varphi.$$

Comme $\tau = 90° + \varphi$ (fig. 10), *l'angle de contingence* est

$$d\tau = d\varphi.$$

Pour le *rayon de courbure* R, enfin, on trouve l'expression simple

$$R = \frac{ds}{d\tau} = \varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}.$$

Un observateur, placé au point de contact d'une tangente (ϱ,φ) de manière à avoir le point infiniment voisin devant lui, aura toujours le centre de courbure à sa gauche. En d'autres termes : Le centre de courbure se trouve du même côté de la tangente que l'origine ou de l'autre côté, suivant que ϱ et R sont du même signe ou de signes différents.

Exemple 1. On demande une courbe dont la longueur de l'arc s, compté à partir de $\varphi = 0$, soit proportionnelle au rayon vecteur ϱ avec la condition que pour $\varrho = 0$, $\dfrac{d\varrho}{d\varphi} = a$.

Comme $s = \displaystyle\int_0^\varphi \left(\varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right) d\varphi$, on a

$$\int_0^\varphi \left(\varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right) d\varphi = n\varrho ,$$

d'où par différentiation

$$\varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2} = n \frac{d\varrho}{d\varphi}.$$

Pour intégrer cette équation différentielle linéaire, nous distinguons trois cas :

1) $n > 2$. Dans ce cas l'intégrale devient

$$\varrho = Ae^{\lambda_1\varphi} + Be^{\lambda_2\varphi},$$

où $$\lambda_1 = \frac{n+\sqrt{n^2-4}}{2}, \quad \lambda_2 = \frac{n-\sqrt{n^2-4}}{2}.$$

Les conditions initiales donnent pour la détermination des constantes arbitraires A et B

$$A + B = 0, \quad \lambda_1 A + \lambda_2 B = a,$$

d'où $$A = -B = \frac{a}{\lambda_1 - \lambda_2},$$

en sorte que l'équation de la courbe demandée est

$$\varrho = \frac{a}{\lambda_1 - \lambda_2}\left(e^{\lambda_1\varphi} - e^{\lambda_2\varphi}\right).$$

2) $n < 2$. L'intégrale générale de l'équation différentielle est dans ce cas

$$\varrho = e^{\frac{1}{2}n\varphi}\left[A\cos\frac{\sqrt{4-n^2}}{2}\varphi + B\sin\frac{\sqrt{4-n^2}}{2}\varphi\right].$$

En introduisant les conditions initiales, il vient

$$A = 0, \quad B = \frac{2a}{\sqrt{4-n^2}}.$$

La courbe demandée a donc l'équation

$$\varrho = \frac{2a}{\sqrt{4-n^2}} \cdot e^{\frac{1}{2}n\varphi}\sin\frac{\sqrt{4-n^2}}{2}\varphi.$$

3) $n = 2$. Dans ce cas la résolvante de l'équation différentielle possède une racine double. Par conséquent l'intégrale est de la forme

$$\varrho = e^{\varphi}(A + B\varphi);$$

par suite des conditions initiales on a

$$A = 0, \quad B = a,$$

de sorte que

$$\varrho = a\varphi e^{\varphi}.$$

Exemple 2. On cherche une courbe pour laquelle $s = \frac{1}{2} a\varphi^2$, avec les conditions initiales $\varphi = 0$, $\varrho = \frac{d\varrho}{d\varphi} = 0$.

Ce problème conduit à l'équation différentielle

$$\frac{d^2\varrho}{d\varphi^2} + \varrho = a\varphi,$$

dont l'intégrale générale est

$$\varrho = a\varphi + A\cos\varphi + B\sin\varphi.$$

Pour qu'elle satisfasse aux conditions initiales, on doit avoir

$$A = 0, \quad B = -a.$$

Par conséquent la courbe demandée a pour équation

$$\varrho = a(\varphi - \sin\varphi). \quad \text{(Développante du cercle.)}$$

Exemple 3. Trouver une courbe dont le rayon de courbure soit proportionnel au rayon vecteur ϱ.($R = n\varrho$).

Comme $R = \varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}$, il s'agit de résoudre l'équation différentielle

$$\frac{d^2\varrho}{d\varphi^2} = (n-1)\varrho.$$

Suivant que 1) $n > 1$, 2) $n < 1$, 3) $n = 1$, l'intégrale devient

1) $\varrho = Ae^{\varphi\sqrt{n-1}} + Be^{-\varphi\sqrt{n-1}}$,

2) $\varrho = A\cos(\varphi\sqrt{1-n}) + B\sin(\varphi\sqrt{1-n})$,

3) $\varrho = A\varphi + B$.

Dans le second cas la courbe est une épicycloïde, par exemple pour $n = \frac{8}{9}$ une cardioïde, pour $n = -3$ une astroïde, dans le troisième une développante du cercle et pour $A = 0$ une circonférence.

31. *Relations entre une courbe et sa podaire.* Si $f(\varrho, \varphi) = 0$ est l'équation d'une courbe en coordonnées tangentielles polaires, on sait que $f(\varrho, \varphi) = 0$ peut aussi être envisagée comme l'équation en coordonnées ponctuelles polaires de la podaire par rapport à l'origine de la courbe considérée. (Cf. n° 27.) Or, la normale N et la sous-normale S_n polaires d'une courbe sont respectivement

$$N = \sqrt{\varrho^2 + \left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2}\,, \quad S_n = \frac{d\varrho}{d\varphi}\,,$$

d'où il résulte le théorème : La normale polaire en un point quelconque P de la podaire d'une courbe est égale au rayon vecteur r du point correspondant P′ de cette courbe et la sous-normale de la podaire au point P est égale à $\frac{d\varrho}{d\varphi}$, savoir égale à la distance PP′ (Cf. n° 28).

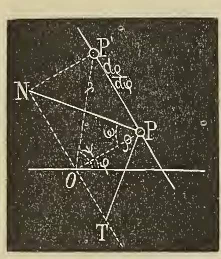


Fig. 11.

En appelant ω l'angle que fait la normale au point P de la podaire avec le rayon vecteur ϱ de ce point, il vient

$$\omega = \psi - \varphi\,, \ \operatorname{cotg} \omega = \operatorname{cotg} (\psi - \varphi) = \varrho \frac{d\varphi}{d\varrho}\,.$$

Moyennant ces théorèmes la normale et la tangente de la podaire peuvent facilement être construites.

Le rayon de courbure R au point P′ de la courbe proposée étant (Cf. nº 30)

$$R = \varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}$$

et celui de la podaire au point correspondant P

$$R' = \frac{\left[\varrho^2 + \left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\varrho^2 + 2\left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2 - \varrho\,\frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}} =$$

$$= \frac{r^3}{2\left[\varrho^2 + \left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2\right] - \varrho\left(\varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right)} = \frac{r^3}{2r^2 - \varrho R},$$

il existe entre les deux rayons de courbure la relation linéaire

$$R' = \frac{r^3}{2r^2 - \varrho R} = \frac{r.\,\frac{r^2}{\varrho}}{2\,\frac{r^2}{\varrho} - R} \quad \text{ou} \quad \frac{R'}{r} = \frac{\frac{r^2}{\varrho}}{2\frac{r^2}{\varrho} - R}.$$

Par conséquent, R étant connu, R′ pourra être construit moyennant une quatrième proportionnelle et réciproquement.

Observation. On peut remarquer que R′ devient infiniment grand, lorsque $2\,\frac{r^2}{\varrho} - R = 0$. Une courbe qui satisferait en tous ses points à cette dernière condition, aurait pour podaire une droite. Or, on sait que la parabole, rapportée à son foyer, est une pareille courbe. Afin de savoir s'il n'existe pas encore d'autres courbes jouissant de la même propriété, intégrons l'équation différentielle $2\,\frac{r^2}{\varrho} - R = 0$ ou

$$2.\ \frac{\varrho^2 + \left(\frac{d\varrho}{d\varphi}\right)^2}{\varrho} = \varrho + \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}.$$

En la mettant sous la forme

$$d\varphi = \frac{d\left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)}{1 + \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^2},\ \text{où}\ \varrho' = \frac{d\varrho}{d\varphi},$$

on obtient d'abord l'intégrale première

$$\varphi - \varphi_0 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)\ \text{ou}\ \frac{\varrho'}{\varrho} = \operatorname{tg}(\varphi - \varphi_0),$$

et ensuite l'intégrale seconde

$$\log\frac{\varrho}{C} = -\log\cos(\varphi - \varphi_0)$$

qui peut s'écrire

$$\varrho = \frac{C}{\cos(\varphi - \varphi_0)}.$$

On reconnaît par là que la parabole est la seule courbe qui jouisse de la propriété indiquée.

L'équation $\frac{R}{2} = \frac{r^2}{\varrho}$ permet une construction très simple du rayon de courbure de la parabole. (Pl. 24, fig. 10).

32. *Aire d'une courbe.* En différentiant l'équation

$$\cos(\psi - \varphi) = \frac{\varrho}{r}\ \text{(Cf. n° 27)},$$

il vient

$$-\sin(\psi - \varphi)(d\psi - d\varphi) = d\left(\frac{\varrho}{r}\right),$$

d'où l'on tire

$$d\psi - d\varphi = -\frac{d\left(\frac{\varrho}{r}\right)}{\sin(\psi-\varphi)} = -r.\frac{d\left(\frac{\varrho}{r}\right)}{\frac{d\varrho}{d\varphi}} = -\frac{r\frac{d\varrho}{d\varphi}-\varrho\frac{dr}{d\varphi}}{r\frac{d\varrho}{d\varphi}}d\varphi,$$

$$d\psi = \frac{\varrho}{r}\frac{\frac{dr}{d\varphi}}{\frac{d\varrho}{d\varphi}}d\varphi = \frac{\varrho}{r}.\frac{\varrho\frac{d\varrho}{d\varphi}+\frac{d\varrho}{d\varphi}\cdot\frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}}{r\frac{d\varrho}{d\varphi}}d\varphi = \frac{\varrho\left(\varrho+\frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right)}{r^2}d\varphi =$$

$$= \frac{\varrho R}{r^2}\,d\varphi.$$

La différentielle de l'aire A d'une courbe en coordonnées ponctuelles polaires étant $dA = \frac{1}{2}r^2 d\psi$, on a

$$dA = \frac{1}{2}r^2 d\psi = \frac{1}{2}\varrho R\,d\varphi = \frac{1}{2}\left(\varrho^2 + \varrho\frac{d^2\varrho}{d\varphi^2}\right)d\varphi.$$

Si l'on désigne par A_1 l'aire de la podaire de la courbe considérée, en sorte que

$$dA_1 = \frac{1}{2}\varrho^2 d\varphi,$$

il suit

$$\frac{dA}{dA_1} = \frac{R}{\varrho}.$$

Lorsque ce rapport est constant $= n$ (Cf. n° 30) et qu'on a soin de prendre les intégrales entre les mêmes limites, il est évident que le rapport des aires des deux courbes est le même, savoir $\frac{A}{A_1} = n$.

C'est ainsi qu'on trouve par exemple que l'aire de la développante du cercle $\varrho = a\varphi$ est égale à celle de la spirale d'Archimède $\varrho = a\varphi$, si toutefois on compte ces surfaces à partir d'une couple de points correspondants jusqu'à une autre couple de points correspondants. (Pl. 25, fig. 11.)

33. *Polaires réciproques.* On a vu (Cf n° 22) que le pôle d'une droite (ϱ, φ) par rapport à la circonférence $\varrho = 1$ est situé à la distance $\frac{1}{\varrho}$ de l'origine sur la perpendiculaire, abaissée de l'origine sur cette droite. Par conséquent, si $f(\varrho, \varphi) = 0$ est l'équation d'une courbe en coordonnées tangentielles polaires, $f\left(\frac{1}{\varrho}, \varphi\right) = 0$ sera l'équation en coordonnées ponctuelles polaires de la polaire réciproque de cette courbe par rapport à la circonférence $\varrho = 1$.

EXEMPLES.

Courbe donnée en coord. tg. pol.	Polaire réciproque en coord. ponct. pol.
1) *La circonférence.*	
$\varrho = a$	$\varrho = \frac{1}{a}$. (Circonf. du rayon $\frac{1}{a}$).
2) *L'ellipse.*	
$\varrho = \sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}$	$\varrho = \frac{1}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}}$ (Ellipse aux axes $\frac{1}{a}$ et $\frac{1}{b}$).
3) *La parabole.*	
$\varrho \cos \varphi = \frac{1}{2} p$	$\varrho = \frac{2}{p} \cos \varphi$. (Circ. du rayon $\frac{1}{p}$ passant par l'origine.)
4) *L'hyperbole équilatère.*	
$\varrho = a \sqrt{\cos 2\varphi}$	$\varrho = \frac{1}{a\sqrt{\cos 2\varphi}}$. (Autre hyp. équil.)
5) *La développante du cercle.*	
$\varrho = a\varphi$	$\varrho = \frac{1}{a\varphi}$ (Spir. hyperbolique.)

6) *Courbe dont la podaire est une spirale hyperbolique.*

$\varrho = \frac{a}{\varphi}$ . . . . $\varrho = \frac{\varphi}{a}$. (Spir. d'Archimède.)

7) *Spirale logarithmique.*

$\varrho = ae^{\varphi}$ . . . . $\varrho = \frac{1}{a} e^{-\varphi}$. (Autre spir. log.)

34. *Courbes équidistantes.* Soit $f(\varrho, \varphi) = 0$ l'équation d'une courbe. De la définition des courbes équidistantes (Cf. n° 24) il suit immédiatement que l'équation d'une courbe équidistante s'obtient en remplaçant dans $f(\varrho, \varphi) = 0$ le rayon vecteur ϱ par $\varrho \pm k$, en sorte que $f(\varrho \pm k, \varphi) = 0$ sera l'équation cherchée.

Si R est le rayon de courbure en un point quelconque de la courbe $f(\varrho, \varphi) = 0$, $R \pm k$ sera celui de la courbe équidistante au point correspondant.

La longueur de la courbe $f(\varrho, \varphi) = 0$ étant

$$s = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} R d\varphi,$$

celle de l'arc correspondant de la courbe équidistante sera

$$s' = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (R \pm k) d\varphi = s \pm k(\varphi_2 - \varphi_1),$$

ce qui démontre une des propriétés principales des courbes équidistantes.

35. *Développée $n^{\text{ième}}$.* Les normales d'une courbe donnée $\varrho = f(\varphi)$ étant les tangentes de la développée de cette courbe, on peut envisager la développée comme l'enveloppe de toutes les normales de la courbe proposée. Or, la normale en un point quelconque P de la courbe $\varrho = f(\varphi)$ est parallèle à la perpendiculaire, abaissée de

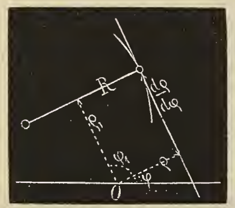


Fig. 12.

l'origine sur la tangente en ce point et la distance entre ces deux parallèles est égale à $\frac{d\varrho}{d\varphi}$ (Cf. n° 28). De là il résulte qu'en appelant ϱ_1 et φ_1 les coordonnées tangentielles polaires de la normale en question, savoir d'une tangente de la développée, on aura

$$\varrho_1 = \frac{d\varrho}{d\varphi}, \; \varphi_1 = \varphi + \frac{1}{2}\pi.$$

Afin d'obtenir l'équation de la développée cherchée, il suffit d'éliminer le paramètre φ de ces deux équations.

En répétant ce procédé on arrive aux équations suivantes remarquables par leur simplicité

$$\varrho_n = \frac{d^n\varrho}{d\varphi^n}, \; \varphi_n = \varphi + n.\frac{\pi}{2},$$

où ϱ_n et φ_n désignent les coordonnées de celle des tangentes de la développée $n^{\text{ième}}$ qui correspond à la tangente (ϱ, φ) de la courbe proposée. Par l'élimination de l'angle φ de ces deux équations il vient pour l'équation de la développée $n^{\text{ième}}$ correspondant à la courbe $\varrho = f(\varphi)$

$$\varrho_n = f^n\left(\varphi_n - n\frac{\pi}{2}\right).$$

Exemple 1. Le fait que la développée $n^{\text{ième}}$ de la courbe

$$\varrho = a + a_1\varphi + a_2\varphi^2 + \ldots\ldots + a_n\varphi^n$$

est évidemment la circonférence $\varrho = a$, permet de reconnaître qu'en ce système de coordonnées toute courbe pour laquelle ϱ est une fonction entière de φ du degré n, représente une développante $n^{\text{ième}}$ du cercle.

Exemple 2. Soit la *spirale logarithmique*

$$\varrho = Ae^{a\varphi}.$$

La développée $n^{\text{ième}}$ de cette courbe, savoir

$$\varrho_n = \mathrm{A}a^n e^{a(\varphi_n - n\frac{\pi}{2})}$$

est identique avec la courbe donnée, mais placée différemment. On peut obtenir la coïncidence des deux courbes en choisissant convenablement la constante a. En effet, si m désigne un nombre entier, il suffit de tirer a de l'équation

$$\mathrm{A}e^{a(\varphi - 2m\pi)} = \mathrm{A}a^n e^{a(\varphi - n\frac{\pi}{2})}$$

ou

$$0 = n \log a + a\left(2m - \frac{n}{2}\right)\pi$$

qui exprime que $\varrho_n = \varrho$ et en même temps $\frac{d\varrho_n}{d\varphi_n} = \frac{d\varrho}{d\varphi}$ pour $\varphi_n = \varphi$. Pourvu que $m > 0$ et $4m > n$ cette équation admet toujours une racine réelle. (Pl. 25, fig. 12.)

Exemple 3. Soit la *cycloïde*

$$\varrho = 2a[\sin\varphi + (\pi - \varphi)\cos\varphi].$$

La dérivée $n^{\text{ième}}$ de ϱ devient

$$\frac{d^n\varrho}{d\varphi^n} = 2a\left[(1-n)\sin\left(\varphi + n\frac{\pi}{2}\right) + (\pi - \varphi)\cos\left(\varphi + n\frac{\pi}{2}\right)\right].$$

En remplaçant φ par $\left(\varphi_n - n\frac{\pi}{2}\right)$ dans cette équation, il suit pour la développée $n^{\text{ième}}$

$$\varrho_n = 2a\left[(1-n)\sin\varphi_n + \left(\frac{n+2}{2}\pi - \varphi_n\right)\cos\varphi_n\right].$$

On reconnaît sans difficulté que cette courbe ne diffère de la proposée que par la position.

Exemple 4. Soit l'*épicycloïde*

$$\varrho = (a+b)\sin\left(\frac{a+b}{a-b}\varphi\right).$$

De cette équation on tire

$$\frac{d^n\varrho}{d\varphi^n} = (a+b)\left(\frac{a+b}{a-b}\right)^n \sin\left(\frac{a+b}{a-b}\varphi + n\frac{\pi}{2}\right),$$

et en substituant pour φ sa valeur $(\varphi_n - n\frac{\pi}{2})$, il vient

$$\rho_n = (a+b)\left(\frac{a+b}{a-b}\right)^n \sin\left[\frac{(a+b)\,\varphi_n - nb\pi}{a-b}\right].$$

Cette dernière équation montre que la développée $n^{\text{ième}}$ de l'épicycloïde est une courbe semblable à la proposée.

36. *Développante* $n^{\text{ième}}$. Par le procédé inverse de celui qui a servi à déterminer la développée $n^{\text{ième}}$ d'une courbe donnée $\rho = f(\varphi)$, on peut établir l'équation de la développante $n^{\text{ième}}$ de cette courbe.

Soient, en effet, ρ_{-1} et φ_{-1} les coordonnées tangentielles polaires de celle des tangentes de la développante $n^{\text{ième}}$ qui correspond à la tangente (ρ, φ) de la proposée.

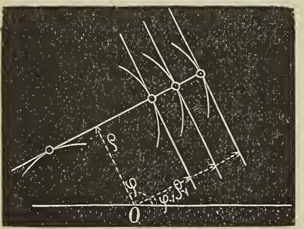


Fig. 13.

Alors on doit avoir.

$$\frac{d\rho_{-1}}{d\varphi_{-1}} = \rho, \quad \varphi_{-1} = \varphi - \frac{\pi}{2},$$

d'où l'on tire en observant que $d\varphi_{-1} = d\varphi$

$$\rho_{-1} = \int \rho d\varphi + C_1.$$

En continuant ce procédé on obtient pour la tangente $(\rho_{-n}, \varphi_{-n})$ de la développante $n^{\text{ième}}$ correspondant à la tangente (ρ, φ) de la courbe donnée

$$\left\{\begin{aligned} \rho_{-n} &= \overbrace{\int d\varphi \int d\varphi \ldots\ldots \int}^{n} \rho d\varphi + C_1\varphi^{n-1} + C_2\varphi^{n-2} + \ldots \\ &\qquad + C_{n-1}\varphi + C_n, \\ \varphi_{-n} &= \varphi - n\frac{\pi}{2}. \end{aligned}\right.$$

L'élimination du paramètre variable φ de ces deux équations conduit à l'équation cherchée.

Exemple 1. Cherchons la développante $n^{\text{ième}}$ du point

$$\varrho = a \cos\varphi + b \sin\varphi.$$

On trouve successivement :

Pour la développante première

$$\left\{ \begin{array}{l} \varrho_{-1} = a \sin\varphi - b\cos\varphi + C_1, \\ \varphi_{-1} = \varphi - \dfrac{\pi}{2}, \end{array} \right.$$

d'où $\varrho_{-1} = a\cos\varphi_{-1} + b\sin\varphi_{-1} + C_1$. (Circonférence du centre (a,b) et du rayon C_1.)

Pour la développante seconde

$$\left\{ \begin{array}{l} \varrho_{-2} = a \sin\varphi_{-1} - b\cos\varphi_{-1} + C_1\varphi_{-1} + C_2, \\ \varphi_{-2} = \varphi_{-1} - \dfrac{\pi}{2}, \end{array} \right.$$

d'où $\varrho_{-2} = a\cos\varphi_{-2} + b\sin\varphi_{-2} + C_1\varphi_{-2} + C_2$. (Développante du cercle.)

$$\vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \vdots$$

Enfin pour la développante $n^{\text{ième}}$

$$\varrho_{-n} = a\cos\varphi_{-n} + b\sin\varphi_{-n} + C_1\varphi_{-n}^{n-1} + C_2\varphi_{-n}^{n-2} + \ldots$$
$$+ C_{n-1}\varphi_{-n} + C_n.$$

Exemple 2. La développante première de l'ellipse

$$\varrho = \sqrt{a^2\cos^2\varphi + b^2\sin^2\varphi}$$

est déterminée par

$$\varrho_{-1} = \int_0^\varphi \sqrt{a^2\cos^2\varphi + b^2\sin^2\varphi}\, d\varphi + C_1 = a\,E(k,\varphi) + C_1,$$

où $E(k,\varphi)$ signifie, d'après Legendre, l'intégrale elliptique de la seconde espèce en question et $k = \dfrac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$,

$$\varphi_{-1} = \varphi - \frac{\pi}{2}.$$

De ces deux équations il suit :

$$\varrho_{-1} = a\mathrm{E}(k, \varphi_{-1} + \frac{\pi}{2}) + \mathrm{C}_1.$$

Exemple 3. Pour la développante première de la parabole

$$\varrho = \frac{a}{\cos\varphi}$$

il vient

$$\varrho_{-1} = a \log \operatorname{tg} (\frac{3}{4}\pi + \frac{1}{2}\varphi_{-1}) + \mathrm{C}_1.$$

37. *Podaire $n^{\text{ième}}$ d'une courbe par rapport à l'origine.* Bien que renonçant à l'emploi des coordonnées tangentielles polaires pour la solution du problème des podaires $n^{\text{ièmes}}$, le problème lui-même a paru assez important pour justifier son insertion dans ce mémoire. La solution pourrait d'ailleurs se donner avec la même facilité en coordonnées tangentielles.

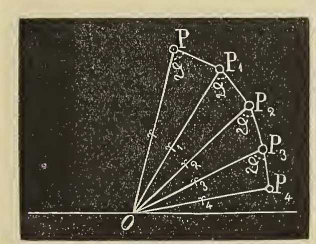


Fig. 14.

Soient r, ψ les coordonnées polaires d'un point P quelconque de la courbe proposée $r = f(\psi)$, r_1, ψ_1 ; r_2, ψ_2 ;..... r_n, ψ_n les coordonnées des points homologues P_1, P_2,... P_n respectivement de la 1^re^, 2^de^,... $n^{\text{ième}}$ podaire de la courbe donnée et soit ϑ l'angle que fait la tangente au point P avec le rayon vecteur r. Alors on sait que d'une part

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{r d\psi}{dr}$$

et d'autre part (Cf. n° 31)

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{r_1 \, d\psi_1}{dr_1},$$

en sorte que

$$r\frac{d\psi}{dr} = r_1\frac{d\psi_1}{dr_1}.$$

En continuant ce même raisonnement, on obtient les égalités

$$r\frac{d\psi}{dr} = r_1\frac{d\psi_1}{dr_1} = r_2\frac{d\psi_2}{dr_2} = \ldots\ldots = \frac{r_n\,d\psi_n}{dr_n}$$

qui démontrent le théorème : En des points homologues les tangentes des podaires successives d'une courbe donnée font avec les rayons vecteurs correspondants des angles égaux. De ce théorème on déduit immédiatement

$$\begin{aligned} r_1 &= r\sin\vartheta, \\ r_2 &= r_1\sin\vartheta = r\sin^2\vartheta, \\ &\vdots \qquad\qquad \vdots \\ r_n &= r_{n-1}\sin\vartheta = r\sin^n\vartheta \end{aligned}$$

et

$$\psi_n = \psi - n\left(\frac{\pi}{2} - \vartheta\right).$$

Les deux équations

$$\left\{\begin{aligned} r_n &= \frac{r}{\left[\sqrt{1+\left(\frac{dr}{rd\psi}\right)^2}\,\right]^n} \\ \psi_n &= \psi - n\,\mathrm{arctg}\left(\frac{dr}{rd\psi}\right) \end{aligned}\right.$$

résolvent le problème proposé. Dans les cas où l'élimination du paramètre ψ est possible, on obtient l'équation de la podaire $n^{\text{ième}}$ sous la forme $F(r_n, \psi_n) = 0$.

Ces équations restent encore applicables, lorsque n est zéro ou un nombre entier négatif. Pour une valeur négative de n la courbe donnée figure elle-même comme podaire $n^{\text{ième}}$ de la courbe cherchée. Dans le cas de $n = 0$ on retombe sur la courbe donnée.

Exemple. Appliquons les formules précédentes au cas

$$r = \frac{a}{\sqrt[m]{\cos m\psi}},$$

où m signifie un nombre positif ou négatif, entier ou fractionnaire. On obtient pour la podaire $n^{\text{ième}}$

$$\left\{\begin{aligned} r_n &= \frac{a}{\sqrt[m]{\cos m\psi}\left[\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 m\psi}\right]^n} = a(\cos m\psi)^{n-\frac{1}{m}} \\ \psi_n &= \psi - n.\operatorname{arctg}(\operatorname{tg} m\psi) = (1-nm)\psi, \end{aligned}\right.$$

d'où en éliminant l'angle ψ

$$r_n = a\left[\cos\frac{m\psi_n}{1-nm}\right]^{n-\frac{1}{m}}.$$

Cet exemple donne lieu à de nombreux cas particuliers. Considérons-en quelques-uns.

1^er^ cas particulier. Soit $m = 1$; alors la courbe donnée

$$r = \frac{a}{\cos\psi}$$

est une droite parallèle à l'axe des Y. Sa podaire $n^{\text{ième}}$ a l'équation

$$r_n = a\left[\cos\frac{\psi_n}{1-n}\right]^{n-1}.$$

Cette formule devenant inapplicable pour $n = 1$, ce cas doit se traiter directement. On trouve

$$\psi_1 = 0, \quad r_1 = a..$$

La podaire première de la droite est par conséquent un point sur l'axe des X.

$n = 2$, $r_2 = a\cos\psi_2$. (Circonférence du rayon $\frac{1}{2}a$ passant par le pôle.)

$n = 3$, $r_3 = \frac{1}{2}a(1+\cos\psi_3)$. (Cardioïde.)

$n = 4,\ r_4 = a\left(\cos\frac{1}{3}\,\psi_4\right)^3,$

$$n = -1,\ r_{-1} = \frac{a}{\left(\cos\frac{1}{2}\,\psi_{-1}\right)^2} = \frac{2a}{1+\cos\psi_{-1}}.\quad \text{(Parabole.)}$$

$$n = -2,\ r_{-2} = \frac{a}{\left(\cos\frac{1}{3}\,\psi_{-2}\right)^3}.\qquad \text{(Pl. 25, fig. 13.)}$$

2ᵈ cas particulier. $m = 2$.

$$r = \frac{a}{\sqrt{\cos 2\psi}}.\ \text{(Hyperbole équilatère.)}$$

$$r_n = a\left[\cos\left(\frac{2\psi_n}{1-2n}\right)\right]^{n-\frac{1}{2}}.$$

$$n = 1,\ r_1 = a\sqrt{\cos 2\psi_1}.\qquad \text{(Lemniscate.)}$$

$$n = 2,\ r_2 = a\left(\cos\frac{2}{3}\,\psi_2\right)^{\frac{3}{2}},$$

$$n = -1,\ r_{-1} = \frac{a}{\left(\cos\frac{2}{3}\,\psi_{-1}\right)^{\frac{3}{2}}}.\ \text{(Pl. 25, fig. 14.)}$$

On peut remarquer que deux hypothèses $m = \mu$ et $m = \nu$ amènent les mêmes suites de courbes, lorsque $n = \frac{1}{\nu} - \frac{1}{\mu}$ est un nombre entier. Par exemple $\mu = 1$, $\nu = \frac{1}{2}$; $\mu = 3$, $\nu = \frac{4}{3}$.

Remarque. Les rayons vecteurs $r, r_1, r_2, \dots r_n$ formant une progression géométrique, et les angles correspondant $\psi,\ \psi - \left(\frac{\pi}{2} - \vartheta\right),\ \psi - 2\left(\frac{\pi}{2} - \vartheta\right), \dots\ \psi - n\left(\frac{\pi}{2} - \vartheta\right)$ une progression arithmétique, il est évident que les points $P, P_1, \dots P_n$ d'une courbe donnée $r = f(\psi)$ et de ses n podaires successives sont situés sur une spirale logarithmique dont l'équation est

$$R = r \, . \, e^{\frac{(\psi - \Psi) \log \sin \vartheta}{\frac{1}{2}\pi - \vartheta}}$$

où R et Ψ désignent les coordonnées courantes et où

$$\vartheta = \operatorname{arctg}\left(\frac{r d\psi}{dr}\right).$$

38. On propose de trouver une courbe dont la podaire $n^{\text{ième}}$ soit une courbe semblable par rapport à l'origine prise pour centre de similitude.

Il y a trois cas à distinguer.

1^er^ cas. La similitude est telle que les rayons vecteurs des points homologues sont proportionnels, savoir $r_n = mr$. Dans cette équation m doit évidemment être un nombre fractionnaire.

Soit $r = f(\psi)$ l'équation de la courbe cherchée. La fonction $f(\psi)$ doit alors satisfaire à l'équation différentielle

$$mr = \frac{r}{\left[\sqrt{1 + \left(\frac{dr}{r d\psi}\right)^2}\right]^n},$$

d'où l'on tire

$$\frac{dr}{r} = \sqrt{m^{-\frac{2}{n}} - 1} \; d\psi.$$

L'intégrale générale de cette équation est

$$\log \frac{r}{C} = \psi \sqrt{m^{-\frac{2}{n}} - 1}.$$

ou

$$r = C e^{\psi \sqrt{m^{-\frac{2}{n}} - 1}}.$$

En posant pour simplifier $\sqrt{m^{-\frac{2}{n}}-1}=\operatorname{tg}\omega$, l'équation de la courbe cherchée devient

$$r=\mathrm{C}e^{\psi\operatorname{tg}\omega},$$

celle de sa podaire $n^{\text{ième}}$

$$r_n=\mathrm{C}\cos^n\omega\, e^{(\psi_n+n\omega)\operatorname{tg}\omega}.$$

Ces deux courbes sont des spirales logarithmiques identiques, mais placées différemment. En tournant la première d'un angle

$$\psi_0=n\operatorname{cotg}\omega\,[\omega\operatorname{tg}\omega+\log\cos\omega]$$

autour de l'origine dans le sens des angles décroissants, on peut amener la coïncidence.

Il est presque inutile d'ajouter que pour $m=1$ on obtient la circonférence $r=\mathrm{C}$.

2^d^ *cas.* On demande que la similitude soit directe avec correspondance arbitraire des rayons vecteurs proportionnels.

Si dans ce cas $r=f(\psi)$ est l'équation de la courbe cherchée, celle de sa podaire $n^{\text{ième}}$ aura la forme

$$r_n=mf(\psi_n+\mu),$$

où m et μ sont des nombres réels quelconques. Pour la première de ces courbes on a

$$\operatorname{tg}\vartheta=\frac{f(\psi)}{f'(\psi)}$$

et pour la seconde

$$\operatorname{tg}\vartheta'=\frac{f(\mu+\psi_n)}{f'(\mu+\psi_n)}.$$

Or, en des points homologues qui correspondent à

$$\psi=\psi,\quad \psi_n=\psi-n.\operatorname{arctg}\frac{f'(\psi)}{f(\psi)},$$

on doit avoir $\vartheta' = \vartheta$ (Cf. n° 37), d'où il suit l'équation

$$\frac{f(\psi)}{f'(\psi)} = \frac{f\left[\mu+\psi-n\,\mathrm{arctg}\,\dfrac{f'(\psi)}{f(\psi)}\right]}{f'\left[\mu+\psi-n\,\mathrm{arctg}\,\dfrac{f'(\psi)}{f(\psi)}\right]},$$

à laquelle on peut satisfaire par l'hypothèse

$$\frac{f(\psi)}{f'(\psi)} = \pm\frac{1}{k},$$

où k désigne une constante. L'intégrale générale de cette dernière équation différentielle étant

$$\log\frac{f(\psi)}{C} = \pm k\psi \text{ ou } r = f(\psi) = Ce^{\pm k\psi},$$

on reconnaît que la courbe cherchée sera encore une spirale logarithmique. La constante k se détermine moyennant la condition qu'en des points homologues on ait (Cf. n° 37)

$$r_n = \frac{r}{\left[\sqrt{1+\left(\dfrac{dr}{rd\psi}\right)^2}\right]^n} = \frac{Ce^{\pm k\psi}}{\sqrt{(1+k^2)^n}}$$

ou

$$m\,Ce^{\pm k\,[\mu+\psi-n\,\mathrm{arctg}\,(\pm k)]} = \frac{Ce^{\pm k\psi}}{\sqrt{(1+k^2)^n}},$$

d'où il suit

$$m\,e^{\pm k\,[\mu-n\,\mathrm{arctg}\,(\pm k)]} = \frac{1}{\sqrt{(1+k)^{2\,n}}},$$

et en prenant les logarithmes

$$\log m \pm k\,(\mu \mp n\,\mathrm{arctg}\,k) + \frac{n}{2}\log(1+k^2) = 0.$$

Si l'on convient de prendre le radical $\sqrt{1+k^2}$ positivement, m devra aussi être un nombre positif.

Discussion des deux équations

$$(1)\quad \log m + k\,(\mu - n \operatorname{arctg} k) + \frac{n}{2} \log (1 + k^2) = 0,$$

$$(2)\quad \log m - k\,(\mu + n \operatorname{arctg} k) + \frac{n}{2} \log (1 + k^2) = 0.$$

Comme (2) s'obtient de (1) en changeant k en $-k$, il est clair que si les deux équations possèdent des racines positives, elles admettront aussi des racines négatives. Il suffira, en conséquence, de constater dans les différents cas l'existence ou l'absence de racines positives.

Considérons d'abord l'équation (1)

$$f(k) = \log m + k\,(\mu - n \operatorname{arctg} k) + \frac{n}{2} \log (1 + k^2) = 0,$$

en n'admettant que des valeurs positives de n. Comme

$$f'(k) = \mu - n \operatorname{arctg} k$$

s'annule pour $k = \operatorname{tg} \frac{\mu}{n}$ et que

$$f''(k) = -\frac{n}{1 + k^2},$$

la fonction $f(k)$ possède un maximum pour $k = \operatorname{tg} \frac{\mu}{n}$.

Soit maintenant 1) $m > 1$, $\mu > 0$. La valeur initiale $f(0) = \log m$ étant positive, le maximum

$$\log m + \frac{n}{2} \log \left(1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\mu}{n}\right)$$

le sera aussi. Pour que la fonction puisse devenir négative, μ doit satisfaire à la condition $\mu < n \frac{\pi}{2}$. Alors l'équation possède une seule racine positive.

2) $m < 1$, $\mu > 0$. La valeur initiale est négative. Pour que le maximum soit positif, il faut que

$$\frac{n}{2} \log \left(1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\mu}{n}\right) > -\log m, \text{ ou } \mu > n \arccos \sqrt[n]{m}.$$

Si on prend encore $\mu < n \frac{\pi}{2}$ en sorte que

$$\frac{\pi}{2} > \frac{\mu}{n} > \arccos \sqrt[n]{m},$$

ce qui est toujours possible, l'équation possède deux racines positives qui dans le cas limite $\mu = n \arccos \sqrt[n]{m}$ coïncident.

3) $m > 1$, $\mu < 0$. La valeur initiale est positive. La fonction décroît jusqu'à $-\infty$. Par conséquent il existe une seule racine positive, sans que μ soit soumis à une condition de limite.

4) $m < 1$, $\mu < 0$. Ce cas diffère du précédent en ce que la valeur initiale est négative, d'où il suit que l'équation (1) n'admet point de racine positive.

Si l'on applique le même raisonnement à l'équation

$$(2)\ f(k) = \log m - k(\mu + n \operatorname{arctg} k) + \frac{n}{2} \log(1 + k^2) = 0,$$

on trouve

1) $m > 1$, $\mu > 0$. Une racine positive; μ sans condition.

2) $m < 1$, $\mu > 0$. Point de racine positive.

3) $m > 1$, $\mu < 0$, $-\mu < n \frac{\pi}{2}$. Une racine positive.

4) $m < 1$, $\mu < 0$, $\frac{\pi}{2} > -\frac{\mu}{n} > \arccos \sqrt[n]{m}$. Deux racines positives qui coïncident à la limite $-\mu = n \arccos \sqrt[n]{m}$.

Remarque. Afin d'obtenir, pour la construction, des courbes dont on connaisse la forme à l'avance, il est plus simple de choisir k et de calculer μ. C'est ainsi que pour

$$n = 1, \; m = \frac{1}{2}, \; k = -1$$

on a trouvé $\mu = -1{,}1319718\ldots = -64^\circ\, 51'\, 26''$ et par la suite

$$r = Ce^{-\psi}, \; r_1 = \frac{1}{2}\, Ce^{(1{,}1319\ldots - \psi)}, \quad \text{(Pl. 25, fig. 15.)}$$

tandis que les hypothèses

$$n = 2, \; m = 4, \; k = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

donnaient

$$\mu = -1{,}8522151\ldots = -106^\circ 7'\, 27'',$$

$$r = Ce^{\frac{\psi}{\sqrt{3}}}, \; r_2 = 4\, Ce^{\frac{\psi - 1{,}8522\ldots}{\sqrt{3}}}. \quad \text{(Pl. 25, fig. 16.)}$$

3$^{\text{me}}$ cas. On demande que la similitude soit inverse.

En suivant un raisonnement analogue à celui qui a été employé dans le second cas, on trouvera que la circonférence seule répond à toutes les conditions du problème.

39. Comme dernière application des coordonnées tangentielles polaires on pose le problème : Trouver une courbe dont la développée $n^{\text{ième}}$ soit une courbe semblable par rapport à l'origine prise pour centre de similitude.

Ce problème a beaucoup d'analogie avec un problème plus général concernant les développoïdes qui a été traité récemment par M. *Haton de la Goupillière* dans son mémoire : *Recherche sur les développoïdes des divers ordres.* (Annales de la Soc. sc. de Bruxelles, 2e année, 1877.) Aussi n'en donnons-nous ici la solution qu'à titre d'application intéressante des coordonnées tangentielles polaires. La perte de généralité provenant de ce qu'on a disposé d'avance du centre de similitude, trouve en quelque sorte une compensation dans l'avantage que la solution proposée se prête à la construction sans intégration préalable. Quant au mode de solution, nous ne saurions mieux faire que de suivre l'analyse élégante de M. *H. de la Goupillière.*

Il convient de distinguer les cas de la similitude inverse et de la similitude directe, tout en laissant arbitraire la correspondance des rayons vecteurs proportionnels.

I. *Similitude inverse.* Soit $\varrho = f(\varphi)$ l'équation de la courbe cherchée. Celle de sa développée $n^{\text{ième}}$ aura la forme

$$\varrho_n = mf(\mu - \varphi_n),$$

où m et μ signifient des nombres quelconques positifs ou négatifs. Or, on sait (Cf. n° 35) qu'en des points correspondants on doit avoir

$$\varrho_n = \frac{d^n\varrho}{d\varphi^n}, \quad \varphi_n = \varphi + n\frac{\pi}{2}.$$

Si donc on donne à φ_n la valeur $\varphi + n\frac{\pi}{2}$, il vient

$$(1) \quad \varrho_n = f^n(\varphi) = mf\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right),$$

et en différentiant cette équation encore n fois

$$(2) \quad f^{2n}(\varphi) = \varepsilon^n mf^n\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right),$$

où ε est mis pour -1. C'est une équation aux différences mêlées. Pour la ramener à une équation différentielle ordinaire, remplaçons φ par $\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi$, ce qui donne

$$f^{2n}\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = \varepsilon^n mf^n(\varphi)$$

et moyennant (1)

$$f^{2n}\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = \varepsilon^n m^2 f\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right).$$

En remplaçant de nouveau $\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi$ par φ, on obtient l'équation différentielle linéaire de l'ordre $2n$

$$(3) \quad f^{2n}(\varphi) = \varepsilon^n m^2 f(\varphi),$$

dont l'intégration n'offre aucune difficulté.

En effet, la résolvante de (3) est

$$\lambda^{2n} = \varepsilon^n m^2 = e^{n\pi i} m^2, \text{ où } i = \sqrt{-1}.$$

On en tire

$$\lambda_k = re^{\alpha_k i}, \; r = \sqrt[n]{[m]},$$

où $[m]$ désigne la valeur absolue de m et

$$\alpha_k = \frac{n + 2(k-1)}{2n}\pi.$$

L'intégrale générale de l'équation (3) est par conséquent

$$\varrho = f(\varphi) = \sum_1^{2n} A_k e^{\lambda_k \varphi}.$$

En observant que $\lambda_{k''} = -\lambda_{k'}$, lorsque $k'' = n + k'$, on peut écrire

$$(4) \quad \varrho = \sum_1^n (A_k e^{\lambda_k \varphi} + B_k e^{-\lambda_k \varphi}).$$

Or, l'intégrale (4) devant satisfaire non-seulement à l'équation (3), mais aussi à l'équation différentielle (1) qui est de l'ordre n, il s'ensuit que n des constantes A_k et B_k ne sont pas arbitraires. L'équation (1) servira à les déterminer. En y remplaçant $f(\varphi)$ par la valeur trouvée, il vient

$$\sum_1^n \lambda_k^n (A_k e^{\lambda_k \varphi} + \varepsilon^n B_k e^{-\lambda_k \varphi}) =$$

$$= m \sum_1^n \left[A_k e^{\lambda_k\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right)} + B_k e^{-\lambda_k\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right)}\right].$$

Dans ces deux sommes les termes d'indices différents ne permettent plus de réduction entre eux, on peut donc se borner à comparer les termes généraux, ce qui donne

$$\lambda_k^n (A_k e^{\lambda_k \varphi} + \varepsilon^n B_k e^{-\lambda_k \varphi}) =$$

$$= m[A_k e^{\lambda_k (\mu - n\frac{\pi}{2})} e^{-\lambda_k \varphi} + B_k e^{-\lambda_k(\mu - n\frac{\pi}{2})} e^{\lambda_k \varphi}],$$

$$\lambda_k^n A_k = m B_k e^{-\lambda_k (\mu - n\frac{\pi}{2})}$$

$$\lambda_k^n \varepsilon^n B_k = m A_k e^{\lambda_k (\mu - n\frac{\pi}{2})}.$$

De l'une ou de l'autre de ces dernières équations il suit

$$B_k = \frac{\lambda_k^n}{m} e^{\lambda_k (\mu - n\frac{\pi}{2})}.\ A_k.$$

Comme
$$\frac{\lambda_k^n}{m} = \frac{[m]}{m} e^{n\alpha_k i},$$

on a maintenant

$$\varrho = \sum_1^n A_k [e^{\lambda_k \varphi} \pm e^{n\alpha_k i + \lambda_k (\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi)}],$$

où l'on prendra le signe supérieur ou le signe inférieur, suivant que m est positif ou négatif.

Afin de faire disparaître l'imaginaire de l'intégrale ϱ, il faut distinguer les cas de n pair et de n impair.

a) Lorsque n est un nombre *pair,* chaque terme de la somme $\sum_1^n$ est accompagné d'un terme conjugué, sauf toutefois les deux qui correspondent à $k = 1$ et à $k = \frac{n}{2} + 1$. Si l'on considère ces deux termes en premier lieu, on a

$$\alpha_1 = \frac{1}{2}\pi, \quad \lambda_1 = re^{\frac{1}{2}\pi i} = ri$$

et
$$\alpha_{\frac{1}{2}n+1} = \pi, \ \lambda_{\frac{1}{2}n+1} = re^{\pi i} = -r.$$

Par conséquent, le premier terme de la somme devient

$$A_1\,[e^{r\varphi i} \pm e^{\beta i}e^{-r\varphi i}] =$$

$$= 2\,A_1\,[(\cos r\varphi + i\sin r\varphi) \pm e^{\beta i}(\cos r\varphi - i\sin r\varphi)] =$$

$$= 2\,A_1\,[(1 \pm e^{\beta i})\cos r\varphi + i(1 \mp e^{\beta i})\sin r\varphi],$$

où $$\beta = n\frac{\pi}{2} + r\left(\mu - n\frac{\pi}{2}\right).$$

Soit, pour simplifier

$$2\,A_1\,(1 \pm e^{\beta i}) = C,$$

d'où

$$2\,A_1 = \frac{C}{1 \pm e^{\beta i}}\,, \quad 2i A_1(1 \mp e^{\beta i}) = iC.\frac{1 \mp e^{\beta i}}{1 \pm e^{\beta i}} =$$

$$= iC.\frac{e^{-\frac{1}{2}\beta i} \mp e^{\frac{1}{2}\beta i}}{e^{-\frac{1}{2}\beta i} \pm e^{\frac{1}{2}\beta i}} = \left\{\begin{array}{l} C\,\mathrm{tg}\,\frac{1}{2}\,\beta \\ -C\,\mathrm{cotg}\,\frac{1}{2}\,\beta \end{array}\right.,$$

suivant qu'il s'agit des signes supérieurs ou des signes inférieurs.

En introduisant ces valeurs, le premier terme prend la forme

$$C\left[\cos r\varphi \left.\begin{array}{l} +\,\mathrm{tg}\,\frac{1}{2}\,\beta \\ -\,\mathrm{cotg}\,\frac{1}{2}\,\beta \end{array}\right\}\sin r\varphi\right] = \left\{\begin{array}{l} \dfrac{C}{\cos\frac{1}{2}\beta}\cos\left(r\varphi - \frac{1}{2}\beta\right) \\ -\dfrac{C}{\sin\frac{1}{2}\beta}\sin\left(r\varphi - \frac{1}{2}\beta\right), \end{array}\right.$$

ou si l'on modifie encore la constante arbitraire

$$= C_1\left\{\begin{array}{l} \cos\left(r\varphi - \frac{1}{2}\beta\right) \\ \sin\left(r\varphi - \frac{1}{2}\beta\right). \end{array}\right.$$

Le terme correspondant à l'indice $(\frac{1}{2}n+1)$ se présente sans transformation préalable sous la forme réelle

$$C_{\frac{1}{2}n+1}\left[e^{-r\varphi} \pm e^{-r\left(\mu-n\frac{\pi}{2}\right)}\, e^{r\varphi}\right].$$

Quant aux autres $(n-2)$ termes, il suffira pour amener la forme réelle de faire la somme et la différence de deux termes conjugués (abstraction faite des constantes arbitraires), tels que

$$e^{\lambda_k\varphi} \pm e^{n\alpha_k i+\lambda_k\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)} =$$

$$= e^{r\varphi(\cos\alpha_k+i\sin\alpha_k)} \pm e^{n\alpha_k i+r(\cos\alpha_k+i\sin\alpha_k)\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)}$$

$$e^{\lambda'_k\varphi} \pm e^{-n\alpha_k i+\lambda'_k\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)} =$$

$$= e^{r\varphi(\cos\alpha_k-i\sin\alpha_k)} \pm e^{-n\alpha_k i+r(\cos\alpha_k-i\sin\alpha_k)\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)},$$

où

$$\lambda'_k = re^{-\alpha_k i}$$

signifie le nombre conjugué de λ_k. En changeant encore convenablement les constantes, on aura remplacé les termes complexes aux indices k et $n-(k-2)$ par l'expression réelle

$$C_k\left\{e^{r\varphi\cos\alpha_k}\cos(r\varphi\sin\alpha_k) \pm e^{r\cos\alpha_k\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)}.\right.$$

$$\left.\cos\left[n\alpha_k+r\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)\sin\alpha_k\right]\right\} +$$

$$+ D_k\left\{e^{r\varphi\cos\alpha_k}\sin(r\varphi\sin\alpha_k) \pm e^{r\cos\alpha_k\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)}.\right.$$

$$\left.\sin\left[n\alpha_k+r\left(\mu-n\frac{\pi}{2}-\varphi\right)\sin\alpha_k\right]\right\}.$$

Si l'on désigne, pour abréger, cette expression par $F(\varphi,k)$, la forme définitive de ϱ devient

$$(5) \qquad \varrho = C_1 \left\{ \begin{matrix} \cos(r\varphi - \frac{1}{2}\beta) \\ \\ \sin(r\varphi - \frac{1}{2}\beta) \end{matrix} \right. + C_{\frac{1}{2}n+1} \left[e^{-r\varphi} \pm e^{-r(\mu - n\frac{\pi}{2})}\, e^{r\varphi} \right] + $$

$$+ \sum_{2}^{\frac{1}{2}n} F(\varphi, k).$$

Dans cette équation, où les lettres r, α_k et β ont la signification suivante

$$r = \sqrt[n]{[m]}\,, \quad \alpha_k = \frac{n + 2(k-1)}{2n}\pi, \quad \beta = r\mu + (1-r)\, n\, \frac{\pi}{2}$$

on prend les signes supérieurs ou inférieurs, suivant que m est positif ou négatif.

b) Lorsque n est un nombre *impair,* chaque terme de la somme $\sum\limits_{1}^{n}$ se trouve accompagné d'un terme conjugué et il n'y a que le premier qui doive être considéré séparément. En procédant de la même manière que dans le cas *a)* et en maintenant la signification des lettres r, α_k et $F(\varphi, k)$, on obtient

$$(6) \qquad \varrho = C_1 \left\{ \begin{matrix} \cos(r\varphi - \frac{1}{2}\beta) \\ \\ \sin(r\varphi - \frac{1}{2}\beta) \end{matrix} \right. + \sum_{2}^{\frac{1}{2}(n+1)} F(\varphi, k).$$

Dans le cas le plus simple, $n = 1$, $r = 1$, la courbe se réduit à un point; pour $n = 1$, $r \gtrless 1$ elle devient une épicycloïde.

II. *Similitude directe.* Si dans ce cas $\varrho = f(\varphi)$ est l'équation de la courbe cherchée, celle de la développée $n^{\text{ième}}$ de cette courbe sera

$$\varrho_n = mf(\mu + \varphi_n).$$

Or, comme

$$\varrho_n = \frac{d^n\varrho}{d\varphi^n} \text{ pour } \varphi_n = \varphi + n\frac{\pi}{2},$$

on est conduit à l'équation différentielle de l'ordre n

$$(1) \quad f^n(\varphi) = mf(\mu + n\frac{\pi}{2} + \varphi).$$

La résultante de (1) étant une équation transcendante

$$\lambda^n = m.e^{\lambda(\mu + n\frac{\pi}{2})},$$

elle ne pourra en général être résolue que par approximation. Cependant, cela n'arrive pas lorsque $\mu = -n\frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire lorsqu'on admet que les rayons vecteurs proportionnels ϱ et ϱ_n appartiennent à des points homologues des deux courbes. En effet, dans cette hypothèse la résolvante prend la forme

$$\lambda^n = m,$$

et l'intégrale générale de (1) devient

$$(2) \quad \varrho = \sum_1^n \mathrm{A_k} e^{\lambda_k \varphi},$$

où pour une valeur positive de m

$$r = \sqrt[n]{m},\ \alpha_k = \frac{2(k-1)}{n}\pi,\ \lambda_k = re^{\alpha_k i}$$

et pour une valeur négative de m

$$r = \sqrt[n]{[m]},\ \alpha_k = \frac{2k-1}{n}\pi,\ \lambda_k = re^{\alpha_k i}.$$

Pour débarrasser l'intégrale (2) des imaginaires, il faudra distinguer entre les valeurs paires et impaires de n. Moyennant le procédé connu que nous venons d'appliquer sous I) et en désignant, pour plus de brièveté, l'expression

$$\mathrm{C_k} e^{r\varphi\cos\alpha_k}\cos(r\varphi\sin\alpha_k) + \mathrm{D_k} e^{r\varphi\cos\alpha_k}\sin(r\varphi\sin\alpha_k)$$

par $F(\varphi,k)$, on trouvera

1) pour $m > 0$ et n pair

$$\varrho = C_1 e^{r\varphi} + C_{\frac{1}{2}n+1}\, e^{-r\varphi} + \sum_{2}^{\frac{1}{2}n} F(\varphi,k);$$

2) pour $m > 0$ et n impair

$$\varrho = C_1 e^{r\varphi} + \sum_{2}^{\frac{1}{2}(n+1)} F(\varphi,k);$$

3) pour $m < 0$, n pair

$$\varrho = \sum_{1}^{\frac{1}{2}n} F(\varphi,k);$$

4) pour $m < 0$, n impair

$$\varrho = C_{\frac{1}{2}(n+1)}\, e^{-r\varphi} + \sum_{1}^{\frac{1}{2}(n-1)} F(\varphi,k).$$

Parmi les courbes représentées par ces quatre équations se trouvent comme cas particuliers le point, la spirale logarithmique, l'épicycloïde, etc.

40. Si l'on demande une courbe dont la développée $n^{\text{ième}}$ soit une courbe semblable, en faisant abstraction du centre de similitude, quelques légères modifications dans la méthode employée au numéro précédent, suffiront pour résoudre ce problème plus général.

Une première modification consiste à rapporter les deux courbes, savoir la courbe cherchée et sa développée $n^{\text{ième}}$, à deux systèmes différents de coordonnées tangentielles polaires dont les axes sont parallèles.

Soit alors, par exemple, dans le cas de la similitude inverse $\varrho = f(\varphi)$ l'équation de la courbe cherchée, rapportée au premier système de coordonnées et

$$\varrho^*_n = mf(\mu - \varphi_n)$$

celle de sa développée $n^{\text{ième}}$ rapportée au second système de coordonnées. L'équation de la courbe cherchée, transformée dans le nouveau système, sera

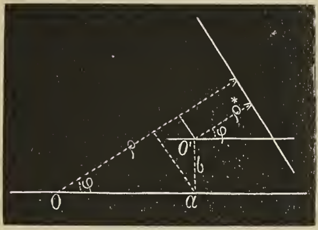


Fig. 15.

$$\varrho^* = f(\varphi) - a\cos\varphi - b\sin\varphi,$$

où a et b signifient les coordonnées rectangulaires de l'origine du second système de coordonnées par rapport au premier.

Or, comme les deux courbes sont maintenant rapportées au même système de coordonnées, en des points homologues on doit avoir (Cf n° 35)

$$\varrho^*_n = \frac{d^n\varrho^*}{d\varphi^n} \text{ et } \varphi_n = \varphi + n\frac{\pi}{2},$$

c'est-à-dire

$$(1)\; mf\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = f^n(\varphi) - a\cos\left(\varphi + n\frac{\pi}{2}\right) - b\sin\left(\varphi + n\frac{\pi}{2}\right).$$

En différentiant cette équation deux fois

$$(2)\; mf''\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = f^{n+2}(\varphi) + a\cos\left(\varphi + n\frac{\pi}{2}\right) + b\sin\left(\varphi + n\frac{\pi}{2}\right)$$

et en ajoutant (1) et (2), il vient

$$(3)\; m\left[f\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right) + f''\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right)\right] = f^n(\varphi) + f^{n+2}(\varphi).$$

Si l'on différentie (3) encore n fois

$$m\varepsilon^n\left[f^n\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right) + f^{n+2}\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right)\right] = f^{2n}(\varphi) + f^{2n+2}(\varphi)$$

et que l'on remplace φ par $\left(\mu - n\frac{\pi}{2} - \varphi\right)$ on obtient moyennant (1) et (2) l'équation différentielle linéaire de l'ordre $(2n+2)$

$$(4)\quad m^2\varepsilon^n[f(\varphi)+f''(\varphi)] = f^{2n+2}(\varphi)+f^{2n}(\varphi).$$

La résolvante de cette équation étant

$$(5)\quad (\lambda^2+1)\,(\lambda^{2n}-m^2\varepsilon^n)=0$$

on voit que l'intégration n'offre aucune difficulté. L'intégrale générale contiendra $(2n+2)$ constantes, dont $(n+2)$ peuvent être déterminées à l'aide des équations (1) et (3).

Exemple. Dans le cas le plus simple

$$m=1\,,\ n=1\,,\ \mu=0\,,$$

où l'on exige que la développée première soit égale à la courbe cherchée, les équations (1), (3), (4), (5) prennent la forme

$$(1^a)\quad f\left(-\frac{\pi}{2}-\varphi\right)=f'(\varphi)+a\sin\varphi-b\cos\varphi,$$

$$(3^a)\quad f'''(\varphi)+f'(\varphi)-f''\left(-\frac{\pi}{2}-\varphi\right)-f\left(-\frac{\pi}{2}-\varphi\right)=0,$$

$$(4^a)\quad f^{\text{IV}}(\varphi)+2f''(\varphi)+f(\varphi)=0,$$

$$(5^a)\qquad (\lambda^2+1)^2=0.$$

La résolvante (5^a) possède les racines doubles

$$\lambda=+i \quad\text{et}\quad \lambda=-i.$$

Par conséquent l'intégrale générale de (4^a) sera

$$\varrho=f(\varphi)=(\mathrm{A}+\mathrm{B}\varphi)\cos\varphi+(\mathrm{C}+\mathrm{D}\varphi)\sin\varphi.$$

En substituant cette valeur de $f(\varphi)$ dans l'équation (3^a) on trouve $\mathrm{B}=0$ et (1^a) donne encore

$$\mathrm{D}=-a,\ \mathrm{C}=\frac{1}{2}\left(b-\frac{1}{2}a\pi\right),$$

en sorte que l'équation de la courbe cherchée devient

$$\varrho=\mathrm{A}\cos\varphi+\left[\frac{1}{2}\left(b-\frac{1}{2}a\pi\right)-a\varphi\right]\sin\varphi$$

ETUDE DES COURBES PLANES

H. AMSTEIN.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.-Vol. XV.-Pl. XXIV.

Fig. 1.

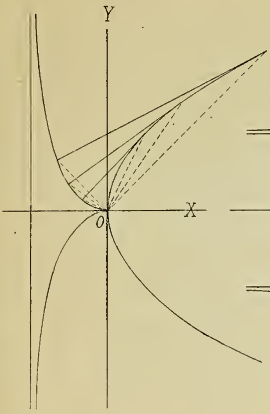


Fig. 2.

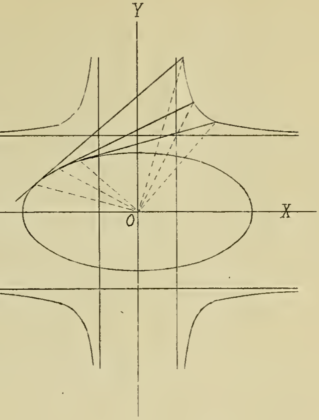


Fig. 3.

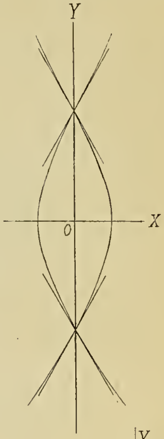


Fig. 4.

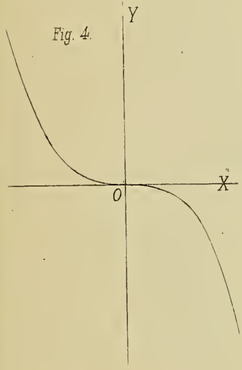


Fig. 5

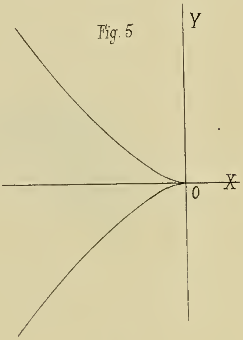


Fig. 6.

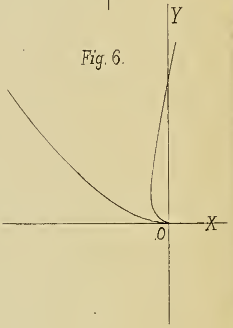


Fig. 7.

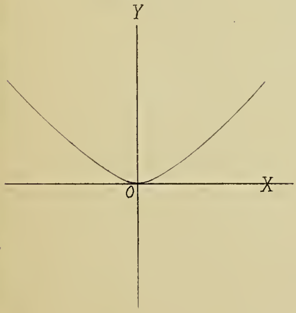


Fig. 8.

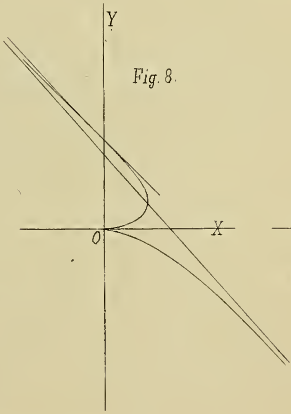
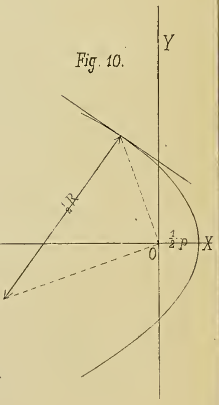


Fig. 10.


Y
X
O
$\frac{1}{2}p$
$\frac{1}{2}R$

Lith: Jules Chappuis, Lausanne.

ETUDE DES COURBES PLANES

H. Amstein.

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. - Vol. XV. - Pl. XXV.

Fig. 9.

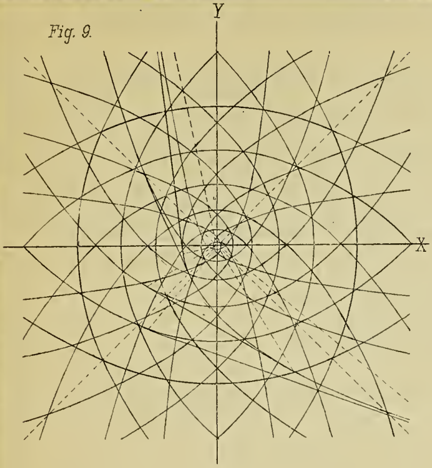


Fig. 14.

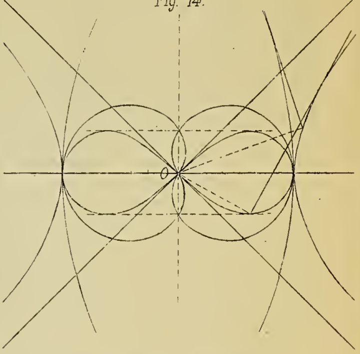


Fig. 12.

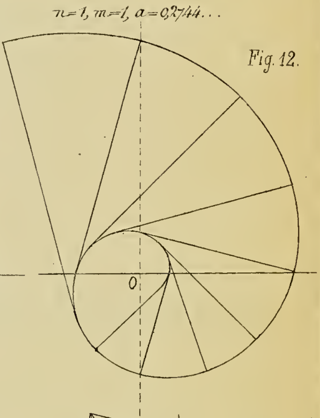

$n=1, m=1, a=0{,}2744\ldots$
O

Fig. 13.

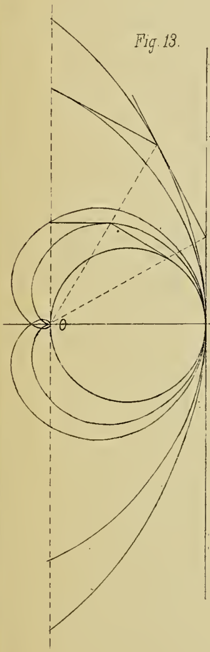


Fig. 11.

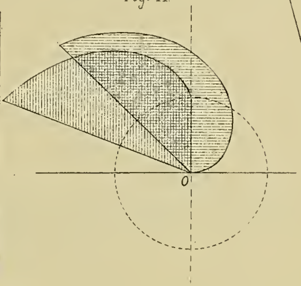


Fig. 15.

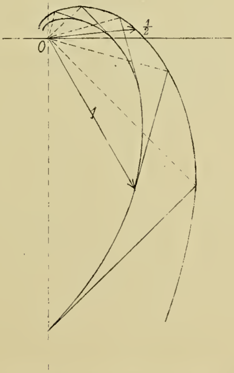
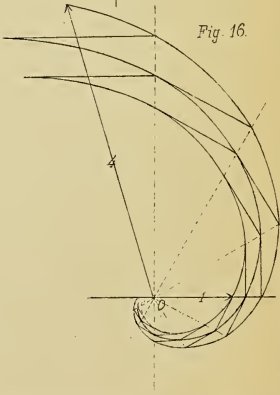


Fig. 16.



Lith. J. Chappuis, Lausanne.

et celle de sa développée première

$$\varrho_1^* = \mathrm{A}\cos\varphi_1 - \left[\frac{1}{2}\left(b - \frac{1}{2}\,a\pi\right) + a\varphi_1\right]\sin\varphi_1.$$

La courbe demandée est donc une cycloïde quels que soient A, a et b. Or, comme le terme $\mathrm{A}\cos\varphi$ n'a pour effet que de déplacer les deux courbes parallèlement à elles-mêmes, on peut faire $\mathrm{A} = 0$. Alors, en choisissant par exemple $a = -2c$, $b = -c\pi$, il s'ensuit

$$\varrho = 2c\varphi\,\sin\varphi,$$

et

$$\varrho_1^* = 2c\varphi_1\sin\varphi_1$$

ou en coordonnées rectangulaires

$$\begin{aligned} x = x^* &= -c\,(1 - \cos\psi) \\ y = y^* &= c(\psi + \sin\psi). \end{aligned}$$

Errata. — Page 440 Bull. (sép. 48), ligne 5 en remontant, lisez $\varphi = 0$, au lieu de $\rho = 0$.

Note sur le retrait du Glacier du Rhône

de 1870 à 1877

PAR

Ch. DUFOUR, professeur à Morges.

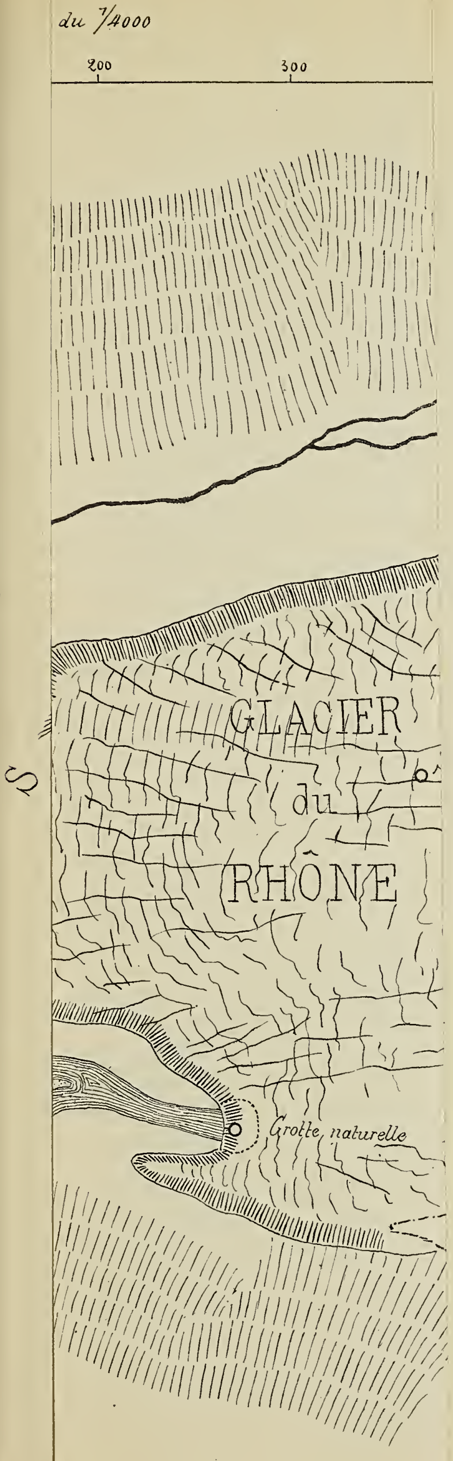
(Pl. XXVI.)

J'ai l'honneur de présenter à la société vaudoise des Sciences naturelles une carte qui représente le front du Glacier du Rhône en 1870, 1874, 1876 et 1877.

Je rappelle qu'en 1870, pendant le séjour que nous fîmes sur ce glacier, M. le professeur Forel et moi, pour déterminer l'importance de la condensation de la vapeur, nous relevâmes aussi une carte de l'extrémité du glacier, afin de voir quel serait son avancement ou son recul dans les années subséquentes.

En 1871, le glacier avait un peu reculé; mais pour ne pas trop charger la carte, je n'ai pas dessiné sa limite pour cette année-là; je ne la donnerai que pour les années 1874, 1876 et 1877. On voit que pendant ces 7 années le recul a été considérable; un peu plus ou un peu moins suivant le point que l'on considère, mais en moyenne de 360 mètres à peu près. Le retrait maximum est de 500 mètres pour les régions qui s'avançaient le plus en 1870. Cependant ce retrait n'a pas été régulier pendant toute la période. De 1870 à 1874 il a été de 240 à 260 mètres, et seulement de 100 à 120 mètres pendant les trois dernières années.

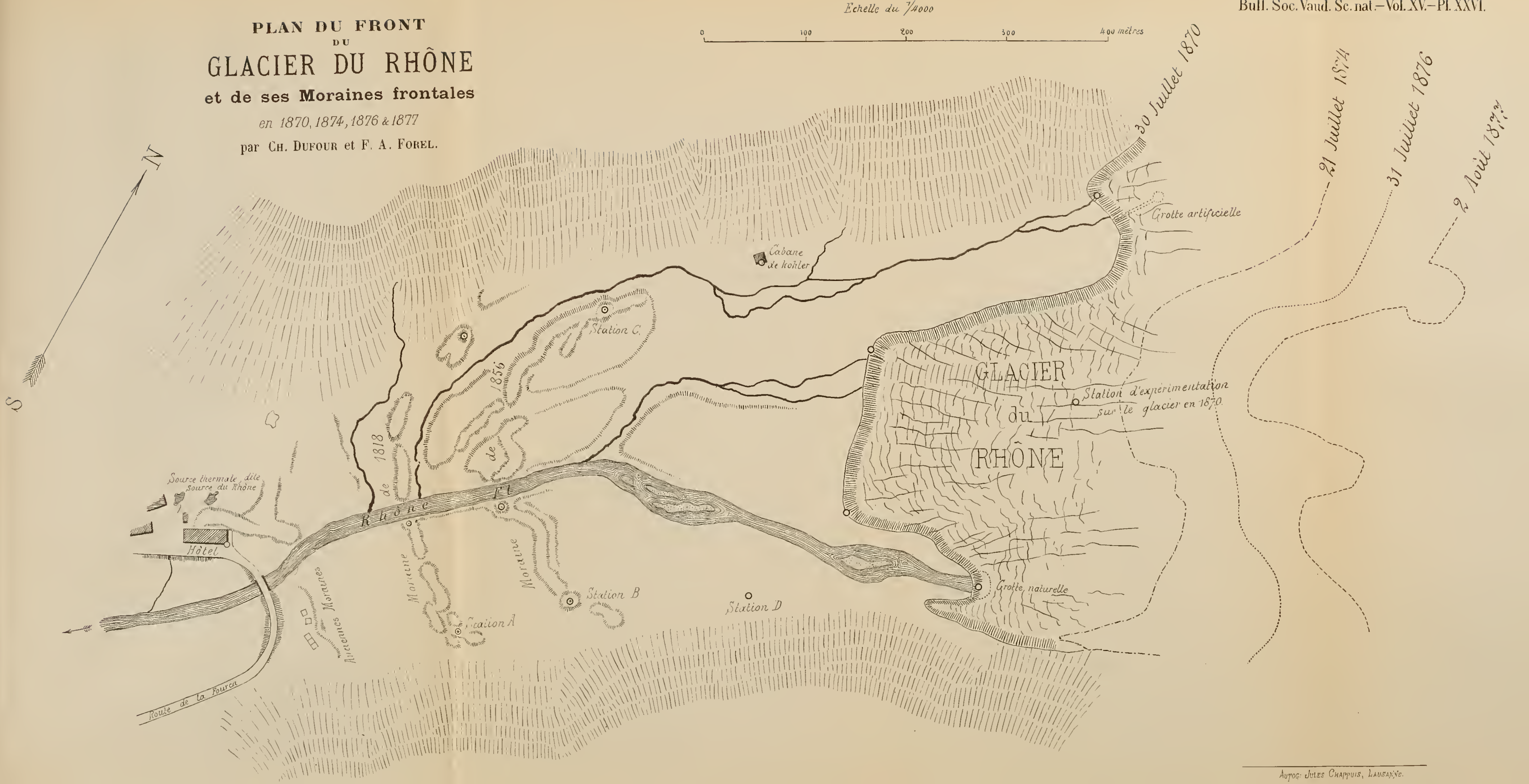
Ceci pourrait faire supposer que le recul arrive à son maximum; et que nous touchons au moment où le glacier va de nouveau avancer. Toutefois, si le glacier a beaucoup reculé en projection horizontale, il a aussi subi une ablation consi-


du 1/4000
200
300
GLACIER
du
RHÔNE
Grotte naturelle
S

PLAN DU FRONT DU GLACIER DU RHÔNE et de ses Moraines frontales

en 1870, 1874, 1876 & 1877

par CH. DUFOUR et F. A. FOREL.


Echelle du 1/4000
0
100
200
300
400 mètres
N
S
30 Juillet 1870
21 Juillet 1874
31 Juillet 1876
2 Août 1877
Grotte artificielle
Cabane de Kohler
Station C
de 1856
de 1818
GLACIER du RHÔNE
Station d'expérimentation sur le glacier en 1870
Source thermale, dite Source du Rhône
Hôtel
Rhône Fl.
Moraine
Moraine
Anciennes Moraines
Station A
Station B
Station D
Grotte naturelle
Route de la Furca

Autog. Jules Chappuis, Lausanne.

dérable. Dans ces conditions-là, il n'y a pas besoin que la fusion fasse disparaître une couche de glace bien épaisse pour qu'une étendue considérable de terrain soit de nouveau découverte. Ceci est tellement vrai qu'en 1876, sur la rive droite du côté de la Mayenwand, le glacier était évidé sur un grand espace; un cercle, qui avait environ 30 mètres de diamètre, s'est effondré, et a formé ainsi un puits de 10 mètres de profondeur. Et l'on pouvait s'attendre à quelque chose de pareil dans les régions voisines, ce qui aurait entraîné encore une plus grande diminution du glacier.

Et cependant, à l'époque actuelle, le glacier a reculé, non-seulement plus qu'on ne l'a vu de mémoire d'homme, mais au-delà de tout ce qui est indiqué dans les anciens documents.

Ainsi Kasthofer dit que le glacier du Rhône, qui en 1819 n'avait pas encore atteint ses dernières moraines, en était distant en 1777 de plus de 230 mètres; et il était alors, au témoignage des bergers, rétrograde depuis 20 ans.

Or en 1870 le glacier était distant de 540 mètres de ces anciennes moraines. En 1877 il en était distant de plus de 900 mètres; c'est-à-dire de 670 mètres plus en arrière qu'en 1777 qui était déjà considérée comme une année de grande rétrogradation. Il faut bien dire que l'été de 1776 comme celui de 1870 avait été très sec et très chaud.

QUELQUES OBSERVATIONS
SUR LA
Matière colorante des grains de Chlorophylle

PAR

J.-B. SCHNETZLER
professeur à l'Académie de Lausanne.

Les grains de chlorophylle, qui produisent la couleur verte si répandue dans le règne végétal, se composent de deux parties bien distinctes. Une portion du protoplasma de la cellule se différentie dans la couche pariétale ordinairement sous forme de globules ou de disques incolores ou jaunâtres. Sous l'influence de la lumière, il se développe dans ces grains un pigmentum vert dont la composition chimique n'est pas encore parfaitement connue. Ce sont ces grains de couleur verte qui, sous l'influence de la lumière et d'une température convenable, forment le principal agent de l'assimilation des végétaux, c'est-à-dire de l'acte par lequel la cellule végétale transforme l'eau, l'acide carbonique, les matières azotées, etc., en hydrates de carbone, acides, matières protéiques, etc.

De nombreuses recherches ont été faites depuis quelques années, pour étudier les propriétés de la matière colorante des grains de chlorophylle. Un chimiste français, Frémy, admet que la couleur verte de la chlorophylle est décomposable en un principe bleu et un jaune; ce serait à ce dernier que les feuilles étiolées dans l'obscurité devraient leur coloration. Pour démontrer ce fait, Frémy, dans ses premières expériences, verse deux parties d'éther et une partie d'acide chlorhydrique dilué dans une solution alcoolique de chlorophylle. Lorsqu'on agite le mélange, une couche d'éther colorée en jaune se sépare de l'acide chlorhydrique coloré en bleu. Frémy admit ainsi deux principes colorants dans la chlorophylle, la phylloxanthine jaune et l'acide phyllocyanique vert-bleu. Croyant d'abord à une combinaison entre ces deux matières, il les regarde aujourd'hui comme un simple mélange. Quant à l'acide phyllocyanique il pense qu'il est combiné avec la potasse. Lorsqu'on verse dans la solution alcoolique de chlorophylle de l'eau de baryte, il se forme un phyllocyanate de baryte qui, traité avec du sulfate de potasse, en présence de l'alcool, produit par double décomposition une liqueur d'un beau vert renfermant du phyllocyanate de potasse[1].

Employant une méthode proposée par Stockes, un botaniste allemand, Carl Kraus, opère la séparation de deux matières colorantes en secouant du benzol avec la solution alcoolique de chlorophylle, le benzol monte à la surface en dissolvant une matière colorante d'un vert-bleuâtre, tandis que l'alcool garde en solution une matière jaune teintée plus ou moins en vert. Kraus désigne la première de ces matières sous le nom de cyanophylle, la seconde sous celui de xanthophylle.

Pringsheim, en suivant la méthode de Kraus, arrive à la conclusion qu'outre la chlorophylle verte, il existe trois groupes de matières colorantes jaunes, qui présentent toutes les caractères d'analyse spectrale de la chlorophylle d'une manière plus ou moins prononcée, mais dont l'absorption dans la première moitié du spectre est affaiblie par rapport à la chlorophylle. Il les désigne sous les noms d'étioline (matière jaune des plantes étiolées), d'anthoxanthine (couleur des fleurs jaunes) et de xanthophylle (matière colorante des feuilles d'automne). La matière jaune obtenue par la méthode de Kraus montre, d'après Pringsheim, les bandes de chlorophylle de la première moitié du spectre.

L'auteur fait observer lui-même que les deux matières colorantes tirées de la solution alcoolique de chlorophylle ne sont pas des solutions pures de matières colorantes déterminées et isolées; elles sont le résultat des degrés de concentration relative de deux matières colorantes[1].

---

[1] E. Frémy, Recherches chimiques sur la matière verte des feuilles. Comptes-rendus, LXXXIV, p. 983.

C. Timirjaseff[2] regarde les résultats obtenus par Pringsheim comme erronés. La cyanophylle de Kraus est, d'après l'auteur russe, un mélange d'une matière colorante verte qui fait le vrai fond de la chlorophylle et qu'il appelle chlorophylline, avec des quantités variables de xanthophylle. La xanthophylle de Kraus renferme encore des quantités variables de chlorophylline.

En employant la méthode de Frémy, l'auteur obtient de la xanthophylle pure qui ne présente plus de fluorescence et qui n'a pas les bandes d'absorption caractéristiques de la chlorophylline. Les bandes d'absorption et la fluorescence observées par Pringsheim dans les matières colorantes jaunes des plantes étiolées, des fleurs jaunes et des feuilles automnales, proviennent, d'après Timirjaseff, de ce que Pringsheim n'a jamais opéré sur des matières colorantes parfaitement pures.

Wiesner, en employant des dissolvants très variés, arrive aux mêmes résultats que Kraus. Après avoir fait évaporer la solution alcoolique de chlorophylle, il extrait la cyanophylle de la matière verte desséchée avec du benzol, et la xanthophylle avec une solution étendue de potasse ou d'ammoniaque. Il combat par des expériences l'opinion émise par Konrad que, pour opérer la séparation des deux matières colorantes, il faut la présence de l'eau. Treub avait, du reste, fourni la même réfutation en employant pour la séparation du sulfure de carbone et de l'alcool absolu.

Dans un travail récent[3], Wiesner admet que dans les germes étiolés, la chlorophylle dérive de l'étioline; mais dans les plantes normales, il est aussi prouvé par de nombreuses observations qu'elle a son origine dans la xanthophylle. L'auteur avance une hypothèse qui a besoin d'être appuyée par des faits bien observés, savoir que la chlorophylle dérive en dernier ressort de l'amidon, avec l'étioline et la xanthophylle comme termes intermédiaires.

---

[1] Just, bot. Jahresbericht, 1874, p. 763.

[2] Just, bot. Jahresbericht, 1875, p. 885.

[3] J. Wiesner, die Enntstehung des Chlorophylls in der Pflanze, Wien 1877, et Marc Micheli, revue des principales publications de physiologie végétale. Archives des Sc. phys. et nat. Mai 1878.

Il résulte des travaux récents que nous venons d'analyser que la matière colorante verte des grains de chlorophylle est un mélange de deux matières colorantes qui sont difficiles à séparer complétement. L'intervention de matières caustiques ou acides comme la potasse, l'ammoniaque, l'acide chlorhydrique, etc., pourrait bien altérer la nature primitive de ces principes colorants. Sous ce rapport, la méthode de Kraus paraît plus naturelle et plus correcte en opérant une simple dissociation des deux matières mélangées; malheureusement, cette séparation est rarement complète.

J'ai repris l'expérience de Kraus, en remplaçant le benzol par de la ligroïne pure et parfaitement incolore.

Lorsqu'on verse sur une solution de chlorophylle dans l'alcool une mince couche de ligroïne, on aperçoit bientôt un phénomène de diffusion. La ligroïne, d'abord parfaitement incolore, se teint en vert, tandis que, lorsqu'on laisse le vase parfaitement en repos, la couche supérieure de la solution alcoolique prend une coloration jaunâtre. Cette expérience peut se prolonger pendant plusieurs jours, car la couche de ligroïne empêchant l'accès de l'oxygène dans la solution alcoolique verte, empêche pendant assez longtemps la décoloration de cette dernière, quand même elle est exposée à la lumière.

Quoique la séparation des matières colorantes soit fort incomplète, cette expérience présente un certain intérêt. La ligroïne ne dissout que fort incomplétement la matière colorante des grains de chlorophylle provenant des cellules d'une feuille verte écrasée dans ce liquide, tandis que l'alcool se colore dans ce cas rapidement en vert. Le simple contact d'une couche de ligroïne reposant sur la solution alcoolique, fait sortir de cette dernière une matière verte qui se dissout dans la ligroïne et lui communique sa couleur[1].

Lorsque, dans un tube à réaction, on verse sur la solution alcoolique de chlorophylle une mince couche de ligroïne et qu'on secoue le contenu du tube, les gouttelettes de ligroïne montent peu à peu à la surface en y formant une couche limpide d'une belle coloration vert-bleuâtre. La teinte bleue est d'autant plus prononcée que le volume de ligroïne employé est petit par rapport à celui de l'alcool. Ce dernier présente alors une coloration jaune avec une teinte plus ou moins verdâtre. La solution alcoolique de chlorophylle présente une belle fluorescence d'un rouge de sang ou couleur de bordeaux. La xanthophylle pure préparée d'après la méthode de Frémy et de Timirjaseff ne présente plus aucune trace de fluorescence. Lorsqu'on fait l'expérience que je viens de décrire, la ligroïne colorée en vert-bleuâtre présente une fluorescence très prononcée; la solution alcoolique jaune la présente également, mais à un moindre degré. Ce fait prouve que la xanthophylle n'est pas complétement séparée de la matière colorante verte.

Pour opérer cette séparation, j'emploie un volume de ligroïne égal ou même supérieur à celui de la solution alcoolique verte. Après avoir secoué le mélange à plusieurs reprises, on voit les deux liquides se séparer rapidement. La ligroïne est naturellement colorée en vert plus clair que dans le cas précédent, tandis que l'alcool présente une coloration jaune presque entièrement dépourvue de la teinte verdâtre. Pour dissocier encore mieux les deux principes colorants, on décante à plusieurs reprises la ligroïne colorée en vert et on la secoue après chaque décantation avec de l'alcool incolore pour en extraire les dernières traces de matière colorante jaune. On traite de la même manière la solution alcoolique jaune avec de la ligroïne pour en séparer complétement la matière colorante verte. On obtient ainsi deux solutions parfaitement limpides, l'une colorée en vert plus ou moins bleuâtre, l'autre en jaune. La première présente la fluorescence caractéristique de la chlorophylle, la seconde n'en présente plus de trace [1].

---

[1] La solution alcoolique s'obtient pure et limpide en filtrant rapidement le liquide vert trouble obtenu en broyant dans l'alcool les feuilles hâchées.

Les expériences dont je viens de parler nous font voir que dans la solution alcoolique de chlorophylle il y a en effet deux matières colorantes différentes qui se dissocient plus ou moins complétement par une simple action physique : la chlorophylline de Timirjaseff et la xanthophylle, à laquelle, par analogie, on pourrait donner le nom de xanthophylline. Dans les grains de chlorophylle des cellules vivantes, ces deux matières sont unies à du protoplasma qui les retient avec plus ou moins de force suivant les dissolvants employés ; elles se dissocient plus facilement lorsqu'elles ont passé dans l'alcool [2]. Suivant les conditions d'existence des plantes, la chlorophylline et la xanthophylline se trouvent en proportions variables. Dans les feuilles normalement vertes c'est la première, dans celles qui sont étiolées c'est la seconde qui prédomine (étioline). D'après Wiesner, la chlorophylline dérive de l'étioline (xanthophylline). Une expérience de Timirjaseff semble appuyer cette manière de voir ; elle consiste à chauffer une solution de xanthophylle pure avec de la glycérine ; d'après l'auteur, la couleur verte réapparaît et la xanthophylline se transforme en chlorophylline.

Dans les feuilles de *Biotis aurea* exposées à la lumière, la couleur verte des feuilles placées à l'ombre est transformée en une couleur d'un jaune doré. La matière colorante jaune de ces feuilles diffère de la chlorophylle proprement dite en ce qu'elle diffuse lentement, accompagnée du tannin des rameaux feuillés, dans une solution saturée de borax, tandis que la chlorophylle des feuilles vertes ne diffuse point. La solution jaune ainsi obtenue n'est pas fluorescente.

---

[1] Le Dr Ed. Hagenbach a démontré que la chlorophylle qui se trouve encore dans les feuilles vertes présente également le phénomène de la fluorescence, en faisant passer la lumière à travers une solution d'oxyde de cuivre ammoniacal. (Poggendorf, Annalen Jubelband, page 303.)

Je n'ai pas pu soumettre à l'analyse spectrale ma solution de la matière colorante jaune.

[2] Le mot de « dissocier » est ici pris dans le sens purement physique.

Dans les plantes étiolées, la lumière provoque la formation de la couleur verte; dans certaines plantes vertes, la lumière transforme la couleur verte en jaune[1].

Mais les rapports génétiques existant entre la matière colorante verte et la jaune que nous trouvons dans une solution alcoolique de chlorophylle, ne seront parfaitement éclaircis que lorsque nous aurons des données exactes sur leur composition chimique et leur groupement moléculaire.

Note additionnelle. — La matière colorante jaune obtenue d'après le procédé indiqué renfermant des quantités plus ou moins considérables de tannin, il faut précipiter cette dernière matière à l'aide d'un sel de fer.

---

[1] La solution de chlorophylline dans la ligroïne se maintient à l'ombre pendant bien plus longtemps que la solution alcoolique de chlorophylle, de même que la chlorophylle ordinaire, restant après l'évaporation de l'alcool, garde sa couleur verte pendant plus longtemps que celle qui se trouve dissoute dans l'alcool.

La coloration jaune de *Biotis aurea* par une lumière intense est surtout favorisée par la température d'hiver; mais la belle coloration verte des feuilles intérieures prouve que ce n'est pas le froid qui est la cause principale du changement de couleur.

La solution alcoolique de chlorophylle garde mieux sa couleur, même à la lumière, en présence de certains sels, par exemple le borax, le salpêtre, etc.

LE SAUMON COMMUN

(Salmo Salar Val.)

Par M. H. GOLL

I.

Le saumon est un poisson voyageur qui remonte les fleuves et leurs affluents pour frayer; il passe par conséquent sa première jeunesse dans l'eau douce. Chaque année il descend à la mer après sa ponte; il y passe le printemps et une partie de l'été, ensuite, poussé par un instinct analogue à celui qui ramène l'hirondelle à son nid, il revient frayer dans les mêmes eaux. Dans nos pays continentaux, on lui donne le nom de roi des poissons, parce que sa *grandeur* et l'excellence de sa chair lui donnent une valeur supérieure à celle des autres poissons d'eau douce. On le rencontre surtout dans la mer du Nord, la mer Baltique et dans l'océan Atlantique, d'où il remonte la plupart des fleuves qui se déversent dans ces mers, notamment le Rhin, l'Ems, l'Elbe, l'Oder, etc. C'est par le Rhin qu'il pénètre dans plusieurs lacs et rivières de la Suisse. On ne le trouve pas dans la mer Méditerranée, et par conséquent pas non plus dans ses affluents. Mais il habite la mer Noire et la mer Caspienne, d'où il remonte les grands fleuves et les rivières qui y affluent. Le saumon, qu'on peut regarder comme un poisson de mer, ne pousse pas ses migrations au-delà du 42^{me} degré de lat. sud, ni au-delà du 65^{me} degré de lat. nord. Ses dernières stations vers le Sud sont les rivières du Nord de l'Espagne, le Minho et le Duero, qui se déversent dans l'océan Atlantique. Dans le Nord, on le rencontre sur les côtes de la Suède et de la Norvège, dans les rivières de l'Ecosse, en Islande, à Terre-Neuve et jusqu'au Gröenland. On doit même l'avoir trouvé au Kamtschatka.

C'est ici le lieu de faire remarquer l'identité presque complète qu'il y a entre la zone du saumon et celle de la bécasse. La nature a donné aux poissons comme aux oiseaux un instinct mystérieux qui les guide dans le choix des parages réunissant les conditions nécessaires à leur existence. Chez les uns comme chez les autres, nous trouvons des espèces régionales, qui ne s'écartent pas de la contrée qu'elles habitent, et des espèces voyageuses qui changent périodiquement de climat, voyageant en grandes troupes organisées. Ces dernières (oiseaux et poissons) se distinguent par leur sociabilité, laquelle est peut-être due à leur excessive fécondité! Michelet, dans son beau livre *La Mer,* dit en parlant des poissons migrateurs : « La sociabilité est la loi de cette race ; on ne les voit ja-
» mais qu'ensemble; ensemble, ils vivent ensevelis dans les
» ténébreuses profondeurs; ensemble, ils viennent au prin-
» temps prendre leur part de bonheur universel. »

De la même manière que nous voyons, d'autre part, certaines espèces d'oiseaux, les passereaux entr'autres, passer leur vie dans les mêmes lieux, aux alentours de nos demeures, dans nos vergers et nos champs, ainsi nous voyons diverses espèces de poissons demeurer toujours dans les mêmes eaux, vers les mêmes rivages, dans les mêmes profondeurs?

II.

A l'état adulte, le saumon du Rhin a le corps très-allongé et un peu comprimé sur les côtés, ce qui le fait paraître grêle et maigre. Il est couvert de petites écailles de forme ovalaire allongée.

La tête est relativement petite; elle ne mesure que la sixième partie de la longueur totale du corps et s'allonge vers le museau. Ce dernier est arrondi chez le mâle, beaucoup plus long chez la femelle; la machoire supérieure est pourvue, en avant, d'une fossette dans laquelle s'engage la pointe de la mâchoire inférieure. Cette dernière est chez les vieux mâles, courbée et relevée en forme de crochet; de là vient qu'en France on l'appelle *beccard,* en latin *salmo hamatus,* saumon à crochet. Sa robe est différente suivant les saisons. Quand il remonte de la mer, elle est d'une couleur argentée, brillante sur les côtés, d'un blanc de nacre sur les parties inférieures, d'un gris bleu d'acier ou verdâtre sur la face dorsale. Depuis la tête et les opercules, on voit de petites taches noires répandues sur les flancs. Mais après avoir séjourné quelque temps dans l'eau douce, il devient verdâtre sur le dos, les flancs se colorent en jaune sale, les taches noires sont alors entourées d'auréoles d'un rouge sombre. La queue, qui était fortement échancrée chez les jeunes individus, se termine en croissant; les nageoires, auparavant jaune-brun, deviennent bleuâtres. C'est alors qu'il porte sa livrée de noce. Nous parlons ici du mâle seulement, ces diverses couleurs étant beaucoup moins accentuées chez la femelle. Au moment du frai, ces couleurs deviennent plus prononcées, mais après cette période, elles pâlissent peu à peu et deviennent ternes.

Ce sont là les caractères morphologiques qui permettent de distinguer sans hésitation un saumon d'une truite, même d'un jeune individu. Mais quant à déterminer l'espèce par la dentition du vomer, on ne le peut guère que jusqu'à un certain âge, car dans l'âge avancé, le saumon perd entièrement ses dents sur la plaque antérieure du vomer. Dans le jeune âge, cette plaque est pourvue d'une seule rangée de dents placée au milieu, tandis que les truites ont deux rangées de dents vomériennes qu'on retrouve encore assez souvent chez des individus âgés. Un autre caractère distinctif des deux espèces est celui-ci : dans le saumon, la coupe verticale du vomer est pentagonale, tandis que dans les truites proprement dites, elle est triangulaire. D'ailleurs, chaque âge est marqué par certaines particularités qu'on n'apprend à reconnaître que par des observations attentives et réitérées.

III.

Les pêcheurs anglais ont distingué le saumon, dans ses différents âges, par des noms particuliers. Ils nomment *Parr* le jeune saumon d'un an au moins, dont la couleur est grisâtre, avec de petites rayures noires, et *Smolt* le saumon de deux ans. C'est à cet âge qu'il se rend pour la première fois à la mer. On a lieu de penser que ces deux ans de séjour dans l'eau douce lui sont nécessaires pour que ses appareils génitaux puissent se développer. Ses couleurs sont plus vives que dans l'âge précédent; les parties supérieures sont d'un bleu d'acier et les taches bien plus prononcées sur les flancs; il ressemble alors à une petite truite. Enfin, les pêcheurs anglais nomment *Grilse* le saumon du troisième âge, alors que, pour la première fois, il remonte de la mer pour retourner dans les endroits où il est né. Il est alors tellement changé qu'on ne le reconnaîtrait plus si l'on n'avait pas pris des mesures propres à constater son identité.

Ces dénominations étant généralement adoptées, nous en ferons usage, pour plus de simplicité et de clarté.

M. Andrew Young, un observateur distingué, dit en parlant des voyages des saumons : « Nous avons marqué des *Smolts* dans un double but : d'abord, pour nous assurer s'ils revenaient dans les mêmes rivières; ensuite, pour constater le temps qu'ils restaient à la mer. Ils reviennent avec la plus grande ponctualité au lieu de leur naissance. La nature les a doués d'un si merveilleux instinct que pas un seul d'entre eux ne dépasse sa propre demeure ou ne s'arrête à une station voisine. Il ne peut plus subsister l'ombre d'un doute sur ces faits. »

L'instinct leur suffit, comme aux pigeons ramiers, pour reconnaître leur route, et ce sentiment intérieur qui, quoi qu'on en dise, ressemble beaucoup à un acte réfléchi, leur sert de guide. Les adultes et les vieux, qui ont échappé aux pêcheurs et aux autres mauvaises rencontres, auront fait assez souvent le même trajet pour pouvoir enseigner le chemin aux autres. Il est prouvé que plusieurs saumons pêchés en mer sur la côte de Bretagne, vers l'embouchure de l'*Aulne,* et qu'on lâcha ensuite avec un anneau de cuivre passé à la queue, furent repêchés les années suivantes.

Ce fait a été constaté par Deslandes, commissaire général de marine, qui avait lui-même acheté ces poissons à des pêcheurs de Châteaulin.

On sait que le *Smolt* mâle qui n'a pas encore séjourné à la mer, est déjà apte à féconder. La femelle, au contraire, avant d'y avoir habité, ne possède en aucun cas la faculté de pondre. Les Grilses quittent la mer au commencement du printemps et entrent par troupes dans les fleuves, dans un ordre qui ne varie guère. Les vieux forment la tête de la colonne et les jeunes les suivent. Ils nagent ordinairement à la surface de l'eau, qu'ils agitent violemment. La rapidité de la natation du saumon est très grande, il fait 86,400 pieds à l'heure, ce qui donne 24 pieds par seconde. Avec cette vitesse, il pourrait faire le tour de la terre en huit semaines. Un auteur français dit même que, dans un moment de danger, le saumon peut faire jusqu'à 40 lieues en une heure. Des digues de quatre à cinq mètres de hauteur ne peuvent l'arrêter; il les franchit en courbant son dos en arc et le débandant avec la force d'un ressort. Dans le nord de l'Ecosse, aux cataractes de Kilmorac sur le Beaulg et à celle d'Inverness, les sauts prodigieux par lesquels les saumons franchissent ces chutes considérables font toujours l'admiration d'une foule de curieux.

IV.

Les saumons remontent ainsi les fleuves et les rivières dès le mois d'octobre et viennent pondre dans les eaux limpides, à fond de sable et de gravier. M. E. Blanchard, le fameux ichthyologiste, parle ainsi : « Lorsque le temps de la ponte est arrivé, un saumon mâle et une femelle se réunissent, mais si deux mâles se retrouvent près de la même femelle, une lutte s'engage aussitôt et le combat dure tant que l'un des deux champions n'a pas fait retraite. Ainsi, ces poissons se réunissent par couples : mariages d'un jour ou même d'une heure, il est vrai, car de part et d'autre, une nouvelle association ne tarde pas à se former. »

A un moment donné, le couple semble choisir d'un commun accord l'endroit destiné à recevoir la ponte. Le mâle et la femelle se mettent à la fois à creuser au moyen de leurs nageoires abdominales et caudales et non avec le museau comme l'on dit certains auteurs. Nous avons observé nous-mêmes maintes fois, dans la Limmat, des ombres communs *(Thymallus vexillifer)* Agr., creusant leur frayère, toujours avec les nageoires.

Les œufs sont déposés par la femelle au fond de la frayère et le mâle les imprégne immédiatement de sa laitance. Ces frayères ont généralement l'aspect de sillons de labour ; leur longueur est de deux à trois mètres sur huit à dix centimètres de largeur. C'est ordinairement de novembre en décembre que la ponte s'effectue. L'incubation des œufs est de longue durée, qui varie d'ailleurs suivant la température. Ils éclosent ordinairement après 90 ou au plus 140 jours. A leur naissance, les alevins s'agitent avec vivacité. Pendant les cinq premières semaines, ils sont nourris par leur vésicule vitelline, mais une fois que cet organe est résorbé, les petits poissons commencent à prendre, dans les eaux où ils nagent, une nourriture plus substantielle. Ils se tiennent dans les endroits bas et tranquilles; et se plaisent surtout dans les petits enfoncements marqués dans le sable par les sabots des chevaux, où l'eau n'a qu'une profondeur de quelques pouces. Aussitôt qu'ils se voient en danger, ils s'élancent avec rapidité, cherchant un abri sous les pierres. Ils vivent ainsi jusqu'en mai et juin. Alors ils se dispersent dans des eaux plus profondes, où ils trouvent du gravier. A l'âge d'un an, ou un peu plus, ils subissent une sorte de mue; leur couleur foncée se change en une robe d'un blanc argenté. C'est là leur habit de voyage, car le moment s'approche pour eux de faire leur première visite à la mer. Ce changement de robe dure de deux à trois semaines et est accompagné d'un changement de mœurs. Cette époque de transition dans la vie de ces animaux en fait périr un grand nombre. Ceux qui en réchappent deviennent très agités; ils se rassemblent en foule, et toute la jeune armée part gaîment pour sa nouvelle terre promise, c'est-à-dire pour la mer.

V.

C'est toujours dans le moment où les eaux sont troubles et grossies par les pluies que les saumons quittent la mer pour retourner dans l'eau douce jusqu'aux lieux qu'ils trouvent commodes pour frayer.

Après l'époque du frai, ils retournent promptement dans la mer pour y regagner leurs forces, car à ce moment ils sont, surtout les mâles, extrêmement épuisés. D'abord, parce que pendant les amours, ils se font souvent une guerre acharnée et ensuite, parce que le saumon adulte cesse de manger pendant l'époque du frai. Il est maintenant un fait constaté que le saumon, comme son confrère la truite saumonée (*Trutta Trutta* Sieb), aussitôt quitté l'Océan et pendant leur séjour dans l'eau douce, ces deux salmonides ne prennent plus de nourriture. Ils sont alors souvent si affaiblis qu'ils n'ont plus la force de nager plus loin et périssent quelquefois de fatigue en route. Valenciennes dit entre autres : « une fois la partie terminée on les trouve flottants à la surface de l'eau sans faire aucun mouvement; on peut les prendre alors facilement à la main. Dans cet état d'accablement et de maigreur, ils ne sont plus mangeables et l'on dit même que leur chair serait malsaine. »

On reconnaît cet état anormal à ceci : leur robe est pâle, leur corps flasque et mou et l'anus évasé. On trouve alors souvent dans leurs branchies des vers parasites du genre acanthocéphale qui ne périssent que lorsque le poisson se trouve de nouveau dans l'eau salée. Dans cette période d'épuisement, le saumon est appelé en Angleterre *Kelt*.

Nous avons dit plus haut que le saumon nage très rapidement et fait jusqu'à 40 lieues à l'heure dans les moments de danger. Il ne sera pas sans intérêt de comparer cette vitesse avec celle de quelques autres animaux connus par la rapidité de leur marche ou de leur vol. Le cheval de course anglais *(full-blood)* peut parcourir au maximum 58 pieds par seconde, chaque saut mesurant 25 pieds, tandis que le cheval de trait ne fait, dans le même temps, que 6 pieds. La rapidité du premier dépasse celle du corbeau, car ce dernier ne parcourt que 25 à 36 pieds par seconde; un pigeon voyageur, 40 à 60 pieds, et enfin, d'après Buffon, un aigle, 76 pieds par seconde. On voit par là que la rapidité de la marche du saumon est intermédiaire entre celle des mammifères et celle des oiseaux, et même dépasse quelquefois cette dernière.

VI.

Quand il a séjourné quelque temps dans l'eau salée, le saumon croît très rapidement. Des auteurs anglais ont cité le cas suivant : des jeunes saumons ont été marqués d'une étiquette, puis relâchés dans la mer, à Stormontfield. Repêchés six à huit semaines après, ils ont été portés sur le marché de Londres pesant de 2 à 5 liv. de plus. Des grilses qui, sans doute, s'étaient trouvés, pendant leur séjour en mer, dans des circonstances favorables, avaient atteint un poids de 22 livres. On a pêché, dans le Wesel, des saumons qui pesaient jusqu'à 40 liv. En Ecosse, on en a vu du poids de 70 liv., et un, en Suède, de 80 liv. Denis, un auteur anglais, parle d'un saumon qui mesurait 6 pieds.

VII.

Nous avons dit qu'à l'état adulte et comme poisson migrateur, le saumon ne mange pas pendant l'époque du frai. Il faut remarquer qu'il y a là un grand avantage pour nos rivières, dont les poissons sont ainsi ménagés.

Le saumon du Danube, le *huch (salmo hucho de Linnée),* qui ne vit que dans ce fleuve, présente un fait opposé. Ce poisson sédentaire est d'une si grande voracité qu'il fait les plus grands ravages dans ces eaux, et que, dans les lieux où il apparaît en grand nombre, le Danube est maintenant presque entièrement dépeuplé d'autres poissons. Le saumon migrateur, au contraire, ne mange que lorsqu'il est descendu dans la mer; on dirait qu'il réserve ainsi sa faim pour aller se régaler de crustacés divers (homards, crabes), de mollusques et surtout de céphalopodes. Ce genre de nourriture rend sa chair grasse et savoureuse, et lui donne, en même temps, cette couleur rosée qui la rend si appétissante sur les tables. Cette couleur serait due, disons-nous, à la grande consommation qu'il fait de mollusques et de crustacés marins.

Les pêcheurs du Rhin distinguent deux sortes de saumons, mais qui appartiennent toutes deux à la même espèce, le *Salmo salar* et qu'on appelle en allemand *Laichsalm* et *Wintersalm.* Ces noms ne pouvant guère se traduire en français, nous les employons tous les deux. Le *Laichsalm*[1] ne remonte pas les rivières avant la fin d'août et il y vient uniquement pour frayer. Dès le commencement de janvier, il redescend à la mer et on ne le trouve plus dans les eaux douces. Sa chair est bien moins estimée que celle du Wintersalm et les pêcheurs du Rhin savent parfaitement bien faire la différence.

Le Wintersalm, au contraire, demeure dans l'eau douce presque toute l'année; il s'y trouve aussi pendant le temps du frai, mais ce n'est pas pour frayer, car à ce moment, ses organes ne sont pas encore développés; ce n'est que dès le mois de mai suivant que ce développement s'opère. C'est surtout pendant l'hiver que sa chair est succulente et c'est là l'origine de son nom. Il est d'ailleurs connu que chez les poissons et les oiseaux, la chair des individus stériles est plus délicate que celle des sujets reproducteurs.

---

[1] Le temps pendant lequel la pêche du saumon est interdite en Hollande correspond à peu près à celui du séjour du Laichsalm dans l'eau douce.

VIII.

Dans les pays du Nord, la pêche du saumon est ordinairement lucrative; on en pêche également beaucoup en Hollande. Il abonde surtout dans les lacs de la Suède et dans la principale rivière du Danemark, le *Guden*. La pêche annuelle du saumon est estimée, dans les eaux de Bornholm, à 55,000 kilogrammes. Dans le bon vieux temps, alors que les rivières n'étaient pas encore exploitées, autant qu'elles le sont à présent, par des usines et industries qui non-seulement nécessitent partout des écluses et des barrages, lesquels empêchent les saumons de remonter les rivières, mais surtout en troublent la tranquillité et la sécurité si nécessaire au dépôt et à la réussite du frai, dans ce temps, disons-nous, on prenait d'un seul coup de filet jusqu'à 700 saumons. Il y avait des pêcheries où l'on en prenait, bon an mal an, plus de 200,000.

Autrefois, le Rhin et ses affluents en Suisse nous fournissaient abondamment de saumons. Il n'y a pas plus de trente ans qu'on en prenait encore beaucoup dans la Limmat près de Zurich, mais aujourd'hui, ils ont très sensiblement diminué dans tout le cours du Rhin et il est assez rare qu'on en pêche dans ses affluents. Le mal est d'autant plus grand que les besoins de l'industrie moderne ne sont pas seuls à rendre plus difficile au saumon l'ascension des rivières et le dépôt de son frai par de nombreux encombrements d'écluses et de barrages. L'égoïsme des Hollandais entre pour une très grande part dans la diminution de ce précieux poisson. La manière destructive dont ils en pratiquent la pêche, eux qui tiennent la porte du fleuve, est excessivement préjudiciable à la reproduction de l'espèce. Ils prennent tout au passage et ne s'inquiètent nullement des autres populations riveraines du Rhin. Ils ont même refusé d'accéder à la convention de Manheim du 27 novembre 1869, par laquelle on leur proposait une règlementation équitable et rationnelle de la pêche dans le Rhin. Mais ils ne tarderont pas longtemps à s'apercevoir qu'ils tuent la poule aux œufs d'or en coupant au saumon l'accès des rives favorables à la ponte. Ils feraient mieux d'imiter l'esprit pratique des Anglais qui en donnent une nouvelle preuve dans leur manière de procéder, à l'égard des poissons migrateurs. Ils ont construit dans certainesri vières en Ecosse, sur les chutes d'eau, des passages appelés aussi échelles à saumon, établis de manière que les poissons puissent franchir facilement les écluses et barrages et arriver à un lieu qu'ils reconnaissent propres au dépôt de leur frai. Je ne sache pas que jusqu'ici aucune nation ait imité à cet égard la prévoyante sagesse des Anglais.

Nous pouvons citer encore un autre poisson qui a subi le même sort que le saumon; l'Alose commune (Alosa vulgaris, Val), un poisson anadrome dans la famille des harengs (clupéïdes) qui habite la Méditerranée et le Rhône et qu'on trouve aussi dans le Rhin ainsi que dans quelques-uns de ses affluents en Suisse. On a remarqué que cet excellent poisson tend à devenir rare et l'on en attribue la diminution aux difficultés qu'il rencontre pour frayer. Nous demandons pour lui comme pour le saumon l'établissement dans les endroits convenables, d'échelle de remonte, qui lui permettraient l'ascension complète des fleuves et de tous leurs affluents.

IX.

La question de savoir si le saumon peut vivre exclusivement dans l'eau douce est controversée par plusieurs auteurs ichthyologistes. Les uns prétendent qu'en leur fournissant une nourriture suffisante, ils peuvent s'y développer. On en a fait l'essai dans le Siljewandene en Norvége, où on a réussi à élever des individus qui pesaient jusqu'à 9 kilogrammes. D'un autre côté, des pisciculteurs renommés n'ont pas réussi à faire vivre, d'une manière continue, le saumon dans l'eau douce. L'Anglais Andrew Young dit entr'autres : « Le saumon, em-
» prisonné dans un étang ou même dans un vaste lac, grossit
» à peine à partir du moment où son instinct le pousse à aller

» se plonger dans les profondeurs de la mer. Sa chair se dé-
» colore, elle devient blanche et n'acquiert jamais les qualités
» comestibles si recherchées dans le saumon. »

M. Sabin Berthelot, dans son intéressant ouvrage sur les poissons anadromes (ascendants), ne partage qu'à moitié l'opinion des ichthyologistes qui admettent que le saumon (salmo salar) puisse vivre dans les rivières et les étangs sans aller à la mer. Voici ce qu'il en dit : « Nous ne contesterons pas cette opinion d'une manière absolue, mais ce qui est hors de doute, c'est que la croissance du saumon qui est obligé de passer par tous les degrés de développement dans l'eau douce est beaucoup moins rapide et que sa chair est inférieure, en qualité, à celle du poisson qui a suivi les lois naturelles de son existence. » Le professeur Nilsson a bien observé, il est vrai, que le saumon qui vit pendant l'hiver et le printemps dans les lacs de la Suède, remonte les rivières pour frayer et retourne plus tard dans les mêmes lacs pour se refaire, mais cette espèce, demande-t-il, est-elle bien la même que le salmo salar ?

X.

Après tout cela se pose la question de savoir si les saumons qui remontent de la mer se rencontrant avec les truites des rivières, il ne se produit pas entr'eux des contacts de nature à procréer des sujets bâtards.

On sait que le saumon peut vivre jusqu'à l'âge de deux ans dans l'eau douce et que le mâle est alors apte à la reproduction, tandis que la femelle ne devient féconde que quand elle remonte de la mer. Or on a remarqué que quand les saumons remontent très avant les fleuves et les rivières, il arrive quelquefois que des saumons femelles, rencontrant des truites mâles, sont fécondées par ces derniers et il en résulte une génération bâtarde, capable de se reproduire. A l'état libre, l'inverse, c'est-à-dire la fécondation d'une truite femelle par un saumon mâle n'a pas lieu, et les essais qu'on a faits pour l'obtenir artificiellement sont demeurés sans résultat.

Les individus âgés de plus de deux ans, dont on sait avec certitude qu'ils vivent continuellement dans l'eau douce, ne sont plus de vrais saumons, mais tout bonnement des bâtards, nés de l'union sexuelle anormale dont nous venons de parler. Nous sommes donc portés à croire que les prétendus saumons de la seconde génération pris dans le lac Léman n'étaient pas autre chose que des hybrides. Nous avons consulté sur ce point un pêcheur de notre rive vaudoise, ayant eu bien soin d'ailleurs de ne pas lui laisser voir que notre opinion était toute formée. Il nous répondit sans hésitation que les soi-disant saumons pêchés dans les affluents du lac n'étaient pas de vrais saumons, mais des résultats de croisements.

Il y a lieu ici de se demander quel serait ce croisement? Or il me paraît impossible d'en admettre un autre que celui-ci, savoir : le contact d'une truite mâle du lac avec un alevin de saumon provenant d'un de nos établissements piscicoles, lequel alevin est déjà lui-même un métis. En effet, il est bien connu que la Méditerranée et le Rhône n'ont jamais nourri de saumons; il ne peut donc point s'en trouver dans le lac Léman, sinon ceux qui y ont été transmis par les pisciculteurs.

De 1857 à 1863, il a été jeté dans les affluents du Léman 9000 alevins de saumons et en 1869-70, dans les deux mois de mai, plus de 50,000 dans l'Orbe, au-dessus du lac de Joux. Or, de tout cela, on n'a rien retrouvé jusqu'ici qu'une trentaine d'individus pêchés dans le Léman. Que sont donc devenus tous ces alevins?

Leur disparition s'expliquerait peut-être ainsi : de savants ichthyologistes certifient, comme nous l'avons dit ci-dessus, que vers l'âge de deux ans, le saumon toujours réduit à l'eau douce cesse de se développer, soit que l'instinct qui le porte vers la mer l'inquiète, soit surtout qu'il éprouve plus fortement le besoin de la nourriture marine. Nous croyons donc qu'il doit arriver alors que le jeune animal, au lieu de se fortifier et de grossir, s'atrophie et devient facilement la proie des autres poissons carnassiers. On conçoit parfaitement qu'un petit nombre d'individus plus forts aient pu arriver à un certain développement, être fécondés par des truites mâles et procréer ainsi une seconde génération à laquelle appartenaient peut-être les quelques sujets pêchés dans le bassin de notre lac. Mais il ne nous paraît pas possible de dire que le saumon du Rhin se soit acclimaté dans le Léman.

XI.

M. Lunel, dans son magnifique ouvrage intitulé : *Histoire naturelle des poissons du bassin du Léman*, fait remarquer que l'avantage qui résulterait de cette acclimatation serait à peu près illusoire, car d'une part, l'introduction d'une espèce nouvelle dans la faune de notre lac ne saurait augmenter la quantité réelle du poisson, puisque cette espèce nouvelle ne saurait vivre qu'au détriment des autres. Il y a un équilibre nécessaire entre le nombre des habitants d'un bassin et la quantité de nourriture qu'il peut leur fournir. D'autre part, il est évident que le saumon perdrait bientôt, dans le Léman, les qualités comestibles qui caractérisent le saumon du Rhin, puisqu'il n'y trouverait pas le genre de nourriture qui rend sa chair si délicate.

Il y a d'ailleurs une question intéressante à poser. N'arriverait-il pas, dans le Léman, ce qui est arrivé dans le Danube, c'est-à-dire que la voracité du saumon, devenu sédentaire, dépeuplerait le lac comme le *Huch* a fait disparaître du Danube, là où il abonde, les autres espèces de poissons ?

Au moment de mettre sous presse, nous avons appris que les Hollandais ont fait dernièrement une concession aux droits des autres riverains du fleuve.

Ils se sont enfin déterminés à ouvrir aux saumons un passage de six pieds de largeur pour leur permettre de franchir les barrages et de pénétrer dans le cours moyen et supérieur du Rhin. On assure qu'il en est résulté une augmentation sensible du saumon dans ces régions du Rhin.

MATÉRIAUX

pour servir à l'étude de la

FAUNE PROFONDE DU LAC LÉMAN

par le Dr F.-A. FOREL
professeur à l'Académie de Lausanne.

IVe SÉRIE [1]

(Planches XXVII et XXVIII.)

Avant-propos.

Dans les avant-propos de la Ire et de la IIe séries de ces *Matériaux,* j'ai essayé de préciser les conditions du développement des trois faunes que j'ai différenciées dans nos lacs; j'ai montré combien étaient spéciales la genèse de la faune *littorale,* habitant les bords du lac, celle de la faune *pélagique,* cantonnée au milieu et à la surface, loin des côtes et loin du fond, celle enfin de la faune *profonde,* qui vit sur et dans le limon formant le plancher du lac. Je crois pouvoir résumer d'une manière plus saisissante ces origines, en les décrivant sous un nouveau point de vue et en prenant pour base de mes comparaisons l'étude des migrations des animaux.

En effet, ainsi que je l'ai développé, la vie ayant été absolument supprimée dans nos régions *sub-alpines* [2] par le séjour des grands glaciers de l'époque glaciaire, les animaux qui peuplent nos eaux sont nécessairement des animaux immigrés ou des descendants d'immigrés.

---

[1] Voyez Introduction à l'étude de la faune profonde du lac Léman. Bull. Soc. vaud. sc. nat. X, 218. Matériaux, etc. 1re série. Bull. XIII, 1-164. 2e série XIV, 97-166. 3e série XIV, 201-364.

[2] Je désigne par ce mot tout le pays autrefois recouvert par les glaciers alpins, au nord et au sud de la chaîne des Alpes, et qui a reçu, en raison de ce fait, des caractères géologiques et biologiques particuliers.

Les migrations qui transportent les animaux d'un pays à l'autre peuvent se faire suivant deux modes tout différents; elles peuvent être *actives* ou *passives*.

1° Par *migration active* les animaux se transportent spontanément, volontairement, par les procédés de locomotion propres à leur espèce, en volant comme les oiseaux et les insectes, en nageant comme les poissons et les crustacés, en rampant comme les mollusques et les vers [1].

2° Par *migration passive* les animaux sont transportés par un agent quelconque, par un véhicule qui les font voyager sans qu'ils aient à faire intervenir leur mode naturel de locomotion. Comme exemple, je citerai :

a. Le transport par les vents d'œufs et de germes.

b. Le transport par les fleuves, dans l'eau et sur des bois flottés.

c. Le transport sur d'autres animaux migrateurs, les poissons et surtout les oiseaux d'eau. Sans parler ici des parasites proprement dits, les poissons transportent les organismes qui s'accrochent normalement ou accidentellement à leurs écailles (larves de nayades, p. ex.); les oiseaux d'eau nageant à la surface du lac recueillent, sur leurs plumes et à leurs pattes, les animaux ou les œufs, et en particulier les œufs d'hiver des entomostracés, qu'ils transportent ensuite d'un lac à l'autre.

Cette distinction faite, recherchons dans l'histoire probable de nos faunes lacustres comment ces deux modes de migration ont pu agir, et pour faire cette étude reprenons successivement nos trois faunes.

1° *Faune littorale.* Les deux procédés de migration ont agi et agissent encore. D'une part les animaux non fixés ont remonté le cours des fleuves, et, passant successivement d'une eau à l'autre, sont revenus dans les lacs sub-alpins en arrivant des plaines françaises, allemandes et italiennes, où ils avaient été refoulés par le grand glacier. D'une autre part tous les procédés de transport, à l'exception de celui par les eaux courantes et les bois flottés [1], ont causé et causent encore des migrations passives, et tendent à mélanger les faunes. De ces différents immigrés, les uns provenaient de lacs et étaient déjà à leur arrivée adaptés aux conditions de la vie lacustre, les autres venaient d'étangs, de marais, de rivières ou de fleuves, et en arrivant dans le lac ont dû subir les modifications anatomiques et physiologiques qui les ont rendus propres à l'habitat dans les conditions de milieu d'un lac; tous enfin ont dû subir l'adaptation aux conditions spéciales et particulières de notre lac Léman. Ces origines différentes, l'époque différente des migrations, l'adaptation plus ou moins complète à des conditions de milieu différentes dans chaque lac, tout cela explique facilement les caractères à la fois cosmopolites et particuliers, généraux et locaux qu'offre la faune littorale, si spécialement différenciée suivant les stations et les lacs, et en même temps si universellement répandue dans toutes les eaux.

---

[1] Je ne prends mes exemples que dans les faunes lacustres.

2° *Faune pélagique.* Cette faune est très uniformément répandue dans la région pélagique de tous les lacs européens jusqu'à présent étudiés. Mais les espèces qui composent cette faune, quoique essentiellement nageuses, n'ont pas des allures assez vives, assez rapides, pour qu'on puisse les supposer capables de lutter contre le courant d'un fleuve; on doit donc, pour leur introduction en Suisse, écarter la supposition d'une migration active.

J'attribue cette introduction au transport par le moyen des oiseaux palmipèdes migrateurs qui, passant d'un lac à l'autre, charrient, accrochés à leurs plumes, les œufs d'hiver de ces entomostracés. Si cela est, l'adaptation aux conditions, très uniformes du reste, du milieu pélagique, n'a pas nécessairement eu lieu dans nos lacs et dans le temps relativement restreint qui s'est écoulé depuis le repeuplement de nos eaux, depuis l'époque glaciaire; cette adaptation a pu avoir lieu dans d'autres lacs et dans d'autres pays, peut-être fort éloignés du nôtre, et déjà dans des époques géologiques peut-être fort reculées. Cela nous donne plus d'espace et plus de temps, et nous n'en sommes pas réduits à la nécessité de trouver autour de nous l'origine de formes aussi étranges que *Leptodora* et *Bythotrephes.*

---

[1] Ce procédé de transport ne peut pas être invoqué pour expliquer le repeuplement des eaux de la région sub-alpine, car il ne peut aucunement agir en remontant le cours des fleuves.

3° Quant à la *faune profonde,* son origine est évidemment toute différente. Les régions profondes des divers lacs ne sont pas en relations directes les unes avec les autres ; elles sont isolées des autres eaux par les régions littorales et pélagiques qu'il faut nécessairement traverser pour y pénétrer. Les animaux qui les peuplent ne peuvent donc aucunement être venus des régions profondes d'autres lacs; c'est donc sur place qu'ils ont dû s'adapter à l'habitat de la région profonde. Ils n'ont pas pu venir directement des eaux superficielles d'autres lacs, fleuves, marais ou étangs; ils ont dû nécessairement passer par les eaux superficielles du lac où on les trouve.

L'origine de la faune profonde doit donc être cherchée dans les faunes littorale et pélagique du lac même où on l'étudie.

Certains animaux provenant de ces faunes superficielles ont émigré dans les régions profondes, soit par migration active, soit par migration passive (courants, transport par les poissons) et, trouvant là des conditions de milieu nouvelles, se sont modifiés en s'adaptant à ces conditions.

Les termes de cette adaptation sont relativement simples. Les animaux qui ont servi de souche peuvent être étudiés dans les faunes littorale et pélagique du lac lui-même; les conditions nouvelles du milieu dans la région profonde nous sont assez bien connues ; la durée maximale du procès nous est donnée par le fait qu'il n'a pu commencer qu'après l'époque glaciaire; enfin il n'y a pas eu de mélange possible entre les formes analogues des faunes profondes des différents lacs, chaque lac étant parfaitement isolé et distinct dans sa région profonde.

Il est rare que dans la nature nous rencontrions, pour un procès d'adaptation, des conditions aussi bien définies et aussi faciles à préciser.

Ce que je viens d'exposer montre que les origines probables de nos trois faunes lacustres sont fort différentes et que leurs conditions de développement peuvent se résumer comme suit :

1° Les faunes lacustres de nos contrées subalpines descendent d'animaux immigrés depuis l'époque glaciaire.

2° Par le fait qu'ils sont immigrés d'autres contrées, ils ont tous dû s'adapter aux conditions spéciales de chaque lac.

3° L'immigration s'est faite pour chacune des trois faunes d'une manière particulière, à savoir :

a. Pour la faune littorale : par migration passive d'animaux déjà adaptés à la vie lacustre dans d'autres lacs, et par migration active d'animaux ayant remonté les rivières, et ayant dû par conséquent s'adapter sur place à la vie lacustre.

b. Pour la faune pélagique : par migration passive d'animaux déjà adaptés dans d'autres lacs à la vie pélagique lacustre.

c. Pour la faune profonde : par migration active ou passive d'animaux provenant des faunes littorale ou pélagique du lac lui-même et qui ont subi sur place l'adaptation au milieu de la faune profonde.

F.-A. F.

§ XL. **Hydrachnides de la faune profonde du Léman.** *Campognatha Schnetzleri* (nov. sp.), par le professeur Dr *Herm. Lebert*[1].

Le 8 mai 1877, j'ai fait avec mon ami, M. le professeur F. Forel, une excursion de draguage du lac Léman dans les environs de Morges. Dans cette excursion, M. Forel a pêché une Hydrachnide, la *Campognatha Schnetzleri*[2], vivant à la surface du limon fin, par 45 m. de profondeur. Le nombre des individus était considérable.

Cette espèce est voisine de la *C. Foreli;* elle est plus petite, moins sphérique, le pigment blanc offre à l'œil nu une forme plus constante de croix, complète ou tronquée en haut; les jambes sont proportionnellement plus longues, leur longueur augmente dans l'ordre suivant, 1re, 2e, 3e et 4e paire, et les 4 paires ont des crochets doubles, tandis que la *C. Foreli* a constamment un long onglet à la 4e paire de jambes. La dent des palpes de la *C. Foreli* manque à la *C. Schnetzleri.*

---

[1] Le manuscrit de ce paragraphe était déjà mis à l'adresse de l'imprimeur quand nous avons reçu la douloureuse nouvelle de la mort de M. Hermann Lebert, décédé subitement à Bex, le 1er août 1878, dans la plénitude de ses forces et de son activité scientifique. En attendant qu'un hommage plus complet soit rendu à la mémoire de notre vénéré maître et ami, que ces quelques pages, sorties, dans les derniers mois de sa vie, de sa plume infatigable, soient précédées par l'expression de notre deuil respectueux et ému. F.-A. F.

[2] Dans mes *Faunistischen Studien in den Süsswasserseen der Schweiz,* (Zeitschr. f. wiss. Zool., XXX. Bd, Suppl. p. 386), j'ai désigné, d'après les indications de M. Lebert, cette espèce sous le nom de *Lemania (Campognatha) Schnetzleri.* Ce nouveau nom générique est le résultat d'une confusion ; un rapport erroné avait fait croire à l'existence antérieure d'un genre *Campognatha* dans un autre groupe d'animaux, de là le remplacement de ce nom par celui de *Lemania.* Des recherches plus précises ont prouvé que le nom de *Campognatha* n'a pas été employé avant que M. Lebert l'ait appliqué à l'Hydrachnide de la faune profonde du Léman. (Matériaux, Ire série, § XIII). Il doit donc subsister seul, et le nom de *Lemania* doit tomber. F.-A. F.

La longueur moyenne du corps est de 1,2 mm., la largeur de 0,12.

mm.
Les palpes dépassent le corps de 0,29, longueur totale 0,49.
La 1e paire de jambes dép. » » 1,00, » » 1,20.
La 2e » » » » » 1,04, » » 1,29.
La 3e » » » » » 1,07, » » 1,37.
La 4e » » » » » 1,30, » » 1,62.

Proportion donc plus grande par rapport à la longueur du corps que dans la *C. Foreli.*

Les yeux sont confluents, bien plus rapprochés du bord que dans la *C. Foreli*, les deux paires plus éloignées; ils sont relativement plus grands; ils sont d'un noir rutilant.

La couleur du dos est d'un rouge brique, pouvant aller jusqu'au rouge cinabre. La couleur blanche est moins abondante que dans la *C. Foreli;* elle a la forme d'une croix complète, ou tronquée en haut; les dentelures blanchâtres sont moins nombreuses et moins étendues. Le bord du corps paraît blanc, surtout en arrière. La croix blanche tronquée peut prendre aussi la forme d'un ypsilon grec, Y. Outre la partie colorée on voit à la périphérie une zône transparente qui, avec de forts grossissements, laisse bien reconnaître les globules du sang. On voit d'en haut aussi l'aire génitale avec ses disques, située en bas entre les 4mes hanches. La partie inférieure du ventre est dans sa partie supérieure d'un jaune pâle, inférieurement elle est rouge, avec une zône blanche au milieu, occupant un tiers de la surface totale, avec quelques irradiations crayeuses courtes et irrégulières.

L'aire génitale est située presque au milieu, entre les dernières hanches. Elle montre de chaque côté trois disques arrondis, ovoïdes, relativement petits, transparents à la circonférence, opaques au centre. Les trois disques de chaque côté sont disposés en triangle, occupant la partie moyenne et inférieure de l'aire. L'ouverture génitale est rhomboïdale, avec un prolongement opaque, légèrement cylindrique en bas.

Les palpes ont six articles; l'article basilaire est cylindrique, mais légèrement convexe des deux côtés; constituant les maxillaires inférieurs, il montre entre eux les mandibules repliées et l'ouverture buccale arrondie. Les palpes ont la longueur des $^5/_{12}$ (42 %) de la première paire de jambes.

Après l'article basilaire en vient un second court et étroit, puis le suivant un peu plus long, légèrement élargi en avant; puis vient un article cylindrique plus long et plus étroit. A sa partie antérieure on voit une série de points noirs, 24 en tout, formant un cercle ; ce sont de légères éminences coniques (canaux des pores ?). L'article suivant en offre aussi, mais de moins nombreux, disposés plutôt en bande. L'avant-dernier article est court et étroit, puis vient l'onglet, large à sa base, allongé, conique, pointu. Ainsi, en opposition à la *C. Foreli*, absence de dent au troisième article et absence de coins chitiniques à l'extrémité de l'onglet, lequel est lisse dans la *C. Schnetzleri;* chez celle-ci, existence des points noirs décrits ci-dessus.

La première paire de jambes a un article basilaire allongé, conique, terminé en forme de coupe, garni de quelques pointes mousses en bas, puis vient le second article court, oblique en haut et en dedans ; les trois articles suivants sont successivement plus longs et plus étroits, à poils courts, 5 à 6 par article; puis viennent deux articles plus longs encore et plus étroits, dont le dernier, le septième, renferme la cavité des crochets ; chacun de ceux-ci n'a qu'une dent mince.

Toutes les jambes ont sept articles, plus longs ; ces articles, surtout les trois derniers, augmentent de longueur de la première à la dernière paire. La quatrième paire a une hanche large, en forme de triangle émoussé, puis vient un article pyriforme ; les autres, plus longs, ont plus de poils que dans la *C. Foreli*. Les crochets de la quatrième paire ont deux dents chacun, courtes et minces.

Je termine par la diagnose des deux espèces :

Campognatha Foreli.	**Campognatha Schnetzleri.**
Corps rond, presque globuleux, 1,14-1,5 mm. de long, largeur presque égale.	*Corps* rond, 1,2 mm. de long, 1,12 de large; donc un peu plus long que large.
Couleur : mélange de rouge-brun et de blanc crayeux, de forme invariable; souvent de petites taches devant les yeux; ventre semblable au dos; plus blanc en bas, moins de rouge.	*Couleur :* brun rougeâtre, avec une intersection crayeuse en croix, T ou Y; ventre jaune en haut, rouge en bas.
Yeux confluents, non périphériques, noirs, avec un léger reflet rougeâtre.	*Yeux* confluents, plus grands, périphériques, d'un noir rutilant.
Palpes $^2/_5$ des 1^{res} jambes; dent au 3^e article, onglet à trois coins.	*Palpes* $^5/_{12}$ des 1^{res} jambes; points noirs périphériques nombreux au 3^e et 4^e article; absence de dent au 3^e article et de coins à l'onglet.
Jambes longues, minces, 2, 4, 1, 3; 3 paires à 7 articles, la 4^e à 8; onglet à la 4^e paire; peu de poils; 3 premières hanches cylindriques, 4^e triangulaire, soudée à la 3^e.	*Jambes* 1, 2, 3, 4, longues, toutes les 4 paires à crochet, la dernière avec deux dents à chaque crochet; 4^e hanche triangle émoussé.
Organes de mastication : mandibules recourbées, pointues; canal interne distinct; plaque basilaire oblongue; plaques maxillaires à terminaison lobée.	*Organes de mastication :* semblables à la *C. Foreli,* mais plaques maxillaires lisses en haut.
Aire génitale : 6 disques à doubles contours, sans tache médiane; ouverture rhomboïdale simple.	*Aire génitale :* 6 disques, 3 de chaque côté en triangle, à opacité centrale; ouverture génitale à prolongement inférieur noirâtre particulier.

Voilà donc suffisamment de caractères distinctifs, pour faire des deux formes deux espèces différentes du même genre.

J'ai observé une *Campognatha Schnetzleri* vivante, mais à mouvements faibles, qui, hérissée de petites aspérités, montrait sous le microscope tout le corps couvert de petits champignons venant de son intérieur, quelques-uns sortant de la surface des jambes.

Sauf les divers degrés de développement pour chaque groupe, il y avait deux types : l'un constituant le mycelium, formé de fils larges, simples, non ramifiés, renfermant dans l'intérieur une ou deux grandes cellules à contenu finement granuleux. La seconde forme est constituée par les ascophores, les utricules qui renferment les spores; les utricules sont des fuseaux aussi longs que les fils larges du mycelium, quelques-uns plus longs même, renfermant une multitude de petites sporules à contours fortement accusés, sans contenu distinct, homogènes, très petits, de 0,0025 mm. à 0,003 mm. Les fils stériles montrent par places un étranglement près de leur pointe, rappelant la séparation préparée de Conidies.

D^r H. Lebert.

§ XLI. **Acanthopus, un nouveau genre d'Ostracodes,**

par le D^r *H. Vernet*, à Duillier.

Dans une précédente notice[1] j'avais déjà signalé l'existence de ce nouveau genre d'entomostracés dans le fond de notre lac. Je n'avais malheureusement pas pu dire grand'chose sur la structure de ses représentants n'ayant eu que fort peu d'individus sous les yeux. J'avais fait quelques dessins que je trouvais trop incomplets pour les livrer à la publicité, plusieurs cependant étaient exacts, ainsi que j'ai pu m'en assurer depuis.

---

[1] Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du Léman (1re série), Bull. de la Soc. vaud. des sc. nat., t. XIII, N° 72. Lausanne 1874.

J'ai essayé plusieurs fois l'année dernière [1] de pêcher dans les fonds moyens de notre lac afin de me procurer de nouveaux exemplaires, mais je n'ai jamais réussi à en prendre un seul, je ne sais si je dois attribuer ce peu de réussite à mes engins défectueux ou à mon mode de procéder.

J'ai eu par contre la chance de retrouver quelques exemplaires conservés dans l'alcool, cinq ou six en tout. Ils provenaient de flacons renfermant des entomostracés de différentes espèces que M. *Forel* m'avait remis précédemment. Grâce donc à ces quelques exemplaires, j'ai pu vérifier, corriger et compléter mes observations de 1874, mais encore cette fois, l'animal avait perdu toute sa transparence, les tissus délicats s'étaient contractés sous l'action de l'alcool, ils étaient plissés et prenaient des formes qui n'étaient pas naturelles.

Au mois de mai dernier M. *Forel* a eu la bonté de m'envoyer en deux fois, environ $^2/_3$ de litre d'eau provenant d'un dragage à 40 m. de fond. Le premier tiers de litre seul a pu me servir, le second envoyé 10 à 15 jours plus tard était déjà en décomposition.

Avec l'eau se trouvait mêlé un peu de limon et surtout une très-grande quantité de carapaces d'entomostracés et autres débris animaux et végétaux. C'est au milieu de ces débris qu'en cherchant avec la loupe je suis parvenu à trouver quelques *Acanthopus* de chacune des deux espèces signalées.

Le 12 juin enfin M. *Forel*, avec son obligeance accoutumée, m'offrait de l'accompagner dans une de ses pêches profondes. Nous avons donné trois coups de drague dont j'ai emporté le produit, c'est-à-dire des milliers d'entomostracés. Malheureusement nous nous trouvions dans les jours les plus chauds de cette année, ce qui compromettait beaucoup l'existence de ces petits êtres habitués à une température égale en toutes saisons + 4 à 5° cent. Plusieurs cependant ont résisté pendant quelques jours. J'ai pu suivre leurs mouvements au milieu de ce charnier et sur le limon, ce qui m'a permis de compléter quelque peu mes notes.

---

[1] Ce petit travail a été écrit en 1877, c'est donc 1876 que signifie l'année dernière.

Il manque encore beaucoup pour que ce travail soit complet, car je n'ai pas eu un grand nombre d'exemplaires à ma disposition et de plus le temps m'a manqué, une absence prolongée m'a interrompu dans mes recherches. Je crois cependant qu'il peut être utile de livrer ces notes à la publicité, elles pourront servir à celui qui retrouvera un *Acanthopus* soit dans le Léman, soit dans un autre lac.

Je ne sais absolument rien sur le développement de l'œuf; le jeune subit probablement des modifications et même des métamorphoses à chaque mue, mais il m'est inconnu, je n'ai rencontré que des adultes.

Quant aux organes intérieurs, ils ressemblent assez à ceux des autres ostracodes. Il est très-difficile d'obtenir une vue d'ensemble car les valves sont complétement opaques chez une espèce et peu transparentes chez l'autre, on ne peut suivre que les grands contours bien marqués. Pour arriver à quelque résultat, on est forcé de briser les valves et de disséquer l'animal tant bien que mal avec des aiguilles sous le microscope ou sous la loupe.

J'ai aussi essayé de faire des coupes, mais ce procédé, que *Zenker*[1] recommande pour les ostracodes en général, ne m'a pas du tout réussi; mon objet était trop délicat, et de plus, si je parvenais à faire une coupe convenable, les valves ou tout au moins une partie des valves restait adhérente au reste de l'animal et lui ôtait sa transparence.

Le genre *Acanthopus* rentre dans la famille des *Cytheridæ,* il en a tous les traits caractéristiques. Je ne connais malheureusement les représentants de cette famille que par les descriptions des auteurs et par les planches qui accompagnent ces travaux. Je n'ai pas encore eu l'occasion d'observer moi-même ces entomostracés marins vivants ou même à l'état conservé, je le regrette vivement, car une comparaison *de visu* serait sinon indispensable du moins fort utile pour établir d'une façon positive les différences entre les genres marins et le genre d'eau douce.

---

[1] W. *Zenker.* Anat. system. Studien ueber die Krebsthiere. Arch. f. Nat. gesch. XX. Jahrgang, 1854.

Je ne donne pas une description spéciale pour ce genre, on trouvera les caractères génériques dans la description de la première espèce.

Avant d'aborder mon sujet, je tiens à exprimer à M. *For* mes remerciements pour l'obligeance avec laquelle il a bie voulu mettre à ma disposition les matériaux nécessaires à cette étude, je le prie de recevoir ici l'expression de toute ma reconnaissance.

Acanthopus resistans (nov. sp.).

Long. = $0^{mm}905$.
Larg. = $0^{mm}530$.

Les valves (fig. 12) sont résistantes et plutôt rugueuses, elles ne sont pas régulièrement convexes comme chez les *Cypris*, mais présentent près de leur bord supérieur une arête irrégulière peu marquée formant plusieurs saillies entre lesquelles se détachent quelques sinus se dirigeant vers le bord inférieur. La forme générale n'est pas non plus régulière, la partie antérieure est beaucoup plus large que la postérieure et le bord inférieur est légèrement concave à son milieu.

La surface des valves est assez généralement recouverte de poils très-fins et délicats, mais ce sont surtout les parties antérieures et postérieures qui sont les mieux fournies. Grâce à cette sorte de duvet qui recouvre notre entomostracé, il est presque toujours garni de débris microscopiques qui s'attachent à ses poils et que l'on a de la peine à faire partir même en faisant un lavage à grande eau, en lui lançant un jet de pipette par exemple, rien n'y fait.

Cette accumulation de corpuscules ne contribue pas à donner de la transparence à notre crustacé déjà naturellement très-opaque.

La structure histologique des valves est la même que chez les autres ostracodes. On remarque des cellules étoilées plus foncées que la substance intercellulaire, ce qui donne à chaque valve une apparence tachetée comme une peau de léopard. Probablement que cette pigmentation varie d'une espèce à l'autre et dans ce cas on pourrait y trouver un caractère spécifique quand le nombre des espèces augmentera.

Le bord des valves (fig. 13) est recourbé en dedans, ce qui en augmente beaucoup la solidité. Il est aussi échancré de distance en distance et cela lui donne forcément plus d'élasticité sans trop diminuer sa force de résistance aux pressions extérieures. Un grand nombre de poils fins et serrés rayonnent de ce bord.

J'ai dit en commençant que les valves sont résistantes, elles le sont beaucoup plus chez cette espèce que chez la suivante. On a de la peine à les briser avec une aiguille de dissection, il m'est arrivé plusieurs fois, à mon grand désappointement, de voir l'animal lancé au loin comme une pierre de fronde quand l'aiguille glissait sur les valves au lieu de les percer ; impossible naturellement de retrouver ce petit être sur le plancher, il fallait en chercher un autre.

La couleur de notre crustacé est rosée ; on reconnaît cette teinte même à l'œil nu.

Les membres sont développés normalement ; nous trouvons deux paires d'antennes, une paire de mandibules et ses palpes, une paire de maxilles portant chacune un appendice branchial, trois paires de pattes et un postabdomen rudimentaire. La membrure est la même que chez les *Cytheridæ*.

Dans ma précédente notice [1] je n'indiquais que deux paires de pattes, tout en faisant remarquer que la seconde paire de maxilles manquait, je n'avais pas vu qu'elle était remplacée par une paire de pattes, la première paire.

Les antennes de la première paire (fig. 1) sont composées de cinq articles et portent de solides soies. Le premier article est grand, il forme avec le second un angle droit, les trois derniers beaucoup plus petits suivent à peu près la même direction que le second. A la base du second on remarque deux poils et dans le corps même de l'article un assez grand nombre de poils des plus fins. Une longue soie se détache de l'angle antérieur inférieur. Le troisième article, de forme trapézoïde, plus large que long, porte une soie à son angle supérieur antérieur. Le quatrième article, plus irrégulier, est muni de trois soies dont deux à l'extrémité, une inférieure la plus faible, l'autre supérieure plus forte. La troisième aussi assez forte est plantée au milieu du bord supérieur. On distingue aussi deux ou trois petits poils à côté de la seconde des soies. Le cinquième article est très-mince, trois ou quatre fois plus long que large, il porte trois soies terminales.

---

[1] Loc. cit.

Les antennes de la seconde paire (fig. 2) sont composées de quatre articles. Le premier et le troisième sont très-longs, les deux autres au contraire très-courts. Le corps du premier article est orné à son milieu d'un pinceau de poils longs et très-délicats. Ce même article porte à son angle supérieur une longue soie biarticulée qui est plus longue que les trois articles suivants.

Chez les *Cytheridæ* on trouve une soie semblable qui est en communication avec une glande considérée généralement comme glande venimeuse. Je n'ai pas pu découvrir trace de glande et de canal aboutissant dans cette soie. On voit fort bien dans ce premier article un fort muscle et plusieurs arêtes chitineuses qui pourraient être prises de prime abord pour un canal, mais il n'en est rien.

Je crois donc pouvoir nier son existence chez les *Acanthopus,* et cependant, j'en reviens toujours à me demander comment cette soie, incomparablement plus longue et plus forte que toutes celles du corps, a pu persister si elle n'a aucune utilité. Elle est creuse, mais cela ne prouve rien, car toutes les soies sont creuses chez nos entomostracés.

Le second article est très-petit, inerme sauf quelques poils follets à son bord supérieur, il sert à donner plus de souplesse à l'antenne en augmentant le nombre des articulations. Le troisième article est très-long, il forme avec le premier un angle droit. Il porte à son extrémité, à l'angle inférieur, trois soies, dont une plus faible que les autres, et près de l'extrémité au bord supérieur deux soies aussi assez faibles.

Le quatrième article est très-court et muni de trois soies, dont une à l'extrémité, très-forte, et deux au milieu du bord inférieur.

Ces deux paires d'antennes agissent en sens inverse. Le jeu de la 1^{re} paire est de se redresser, de se relever. Celui de la 2^e paire, de se porter en avant puis de revenir au point de départ par un mouvement de flexion.

L'appareil masticateur compte outre les lèvres deux paires d'organes, mandibules et maxilles. La seconde paire de maxilles des *Cypridæ* est remplacée ici par une paire de pattes, nous l'avons déjà fait remarquer.

Les lèvres ne présentent rien de bien particulier; la lèvre supérieure (fig. 3) est allongée et garnie à ses bords et à son extrémité de nombreux poils. La lèvre inférieure est arrondie et aussi munie de poils moins longs et plus résistants.

Les mandibules se composent d'un corps et d'un palpe de quatre articles (fig. 4). Le corps est armé de neuf dents chitineuses (fig. 5), la première est un simple prolongement du corps, les quatre suivantes qui se succèdent régulièrement sont triples, ou plutôt munies de trois pointes. La sixième n'est armée que de deux pointes et les trois dernières d'une seule.

Le corps de la mandibule a une forme régulière, il s'élargit au point d'insertion du palpe, puis va se terminer en pointe et sert de point d'attache aux muscles.

Le premier article du palpe, le plus volumineux des quatre, porte un petit appendice branchial représenté par trois longues soies très-délicates et trois soies rudimentaires fixées sur un petit prolongement en mamelon. On trouve aussi à l'angle inférieur deux soies.

Le second article est muni de trois soies, deux inférieures et une supérieure, cette dernière se divise à son extrémité en un pinceau de poils comme les soies des pattes des deux premières paires (voir plus bas). Le troisième article porte un grand nombre de soies, deux au bord inférieur, une au milieu de l'articulation avec le quatrième article et environ sept, rangées en ligne au milieu de l'article. Le quatrième article, le plus petit de tous, porte deux soies à son extrémité.

Les palpes servent non-seulement à palper les aliments, ainsi que leur nom l'indique, mais aussi à les maintenir dans une bonne position pour la mastication, ou à les changer de place suivant la volonté de l'animal. Je les ai vus s'agiter très-vivement pendant la mastication, puis tomber dans un repos complet un instant après.

On distingue aux maxilles (fig. 6 et 7) le corps avec ses prolongements digitiformes et l'appendice branchial flabelliforme.

La maxille proprement dite se termine comme chez les *Cypris* par quatre membres dont un est biarticulé. Ils portent tous à leur extrémité de petits crochets recourbés en assez grand nombre.

L'appendice branchial est convexe d'un côté, légèrement concave de l'autre et muni de dix-sept longues soies transparentes et délicates, portant elles-mêmes un très-grand nombre de poils secondaires. On les distingue parfaitement avec un grossissement de 500 diam. Ces soies (fig. 7) sont creuses à l'intérieur jusqu'à leur extrémité, il est probable que le sang circule dans cette cavité et s'y oxyde, mais je n'ai jamais pu distinguer la moindre trace des globules. L'appendice branchial ne sert cependant pas seul à la respiration, les autres soies de l'animal, et même toute la surface du corps, concourent certainement à ce même but.

Les pattes (fig. 8-10), au nombre de trois paires, sont composées chacune de quatre articles. La première paire est la plus courte et la plus trapue, la dernière la plus longue et la plus élancée. Les deux premières paires sont à peu près semblables de forme, aussi peuvent-elles être décrites ensemble. Leur article basilaire est assez volumineux; il est armé, chez la première, de trois crochets, un au bord antérieur aux deux tiers de la longueur et deux à l'angle antérieur inférieur; ils sont recourbés, mobiles et très-forts. De là le nom d'*Acanthopus.*

A la seconde paire de pattes, nous ne trouvons à l'articulation avec le second article qu'un seul crochet. A chacune de ces deux pattes on voit se détacher à angle droit de ce premier article, au bord postérieur, une soie d'une structure toute particulière; elle est très-grosse, la moitié environ de la largeur des 2e, 3e et 4e articles, très-transparente et d'apparence très-délicate. A son extrémité elle se divise en plusieurs petites soies et forme comme un pinceau; elle rappelle en cela les soies des sangliers. Elle porte aussi sur toute sa longueur, jusqu'au point de division, des poils secondaires; mais au lieu d'être rangés régulièrement des deux côtés de la soie comme sur toutes les soies penniformes des entomostracés, ils sont répandus sur tout le pourtour en lignes circulaires régulières, ce qui fait paraître au premier abord le corps de cette soie rayé d'une façon irrégulière et même recouvert d'écailles. Nous trouvons encore à chacune de ces pattes et aussi à la troisième paire un poil à la base de ce premier article au bord antérieur.

Le second article pour ces deux premières paires de pattes est mince, cylindrique, assez allongé; il porte une soie à son extrémité à l'angle inférieur. Le bord inférieur est aussi garni de petits poils délicats et très-courts.

Le troisième article est court, cylindrique, muni de quelques petits poils très-faibles.

Le quatrième article est aussi cylindrique et se termine par un crochet un peu recourbé.

La troisième paire de pattes (fig. 10), ainsi que je l'ai déjà fait observer, diffère un peu des deux premières. Le premier article, moins fort et moins bien armé, porte (outre le poil signalé précédemment à sa base) deux soies, une de chaque côté, elles sont longues et flexibles. A l'extrémité on trouve aussi un crochet comme chez les deux premières paires de pattes, mais il est plus faible. Le second article porte une soie à son extrémité à l'angle inférieur et de plus il est dentelé à son bord inférieur. Le troisième est court, assez régulier, sans aucun poil. Le quatrième enfin ressemble au troisième, il porte de plus un crochet à son extrémité. Un coup d'œil sur les figures indique mieux ces différences que toutes les descriptions que je pourrais donner.

Le post-abdomen rudimentaire (fig. 11) se termine ou plutôt est réduit à deux lobes arrondis, portant chacun deux poils. Entre eux se trouve l'extrémité de l'arête dorsale qui porte aussi un petit poil. Au-dessous et en-dehors de ces deux lobes est placée, de chaque côté, l'ouverture sexuelle chez la femelle. Elle se trouve elle-même sur un prolongement plissé qui contient une petite cavité que nous appellerons vagin. Dans cette cavité prend naissance un canal qui, après plusieurs tours et détours, va déboucher dans une grande vessie *(receptaculum seminis).* C'est là que le sperme est emmagasiné après un coït et sert à féconder les œufs au fur et à mesure de leur passage. Ce *receptaculum* n'est pas une particularité de notre genre, il se rencontre aussi chez les autres ostracodes. Je n'ai trouvé aucune structure au *receptaculum* et à son canal; les parois sont très-minces et semblent être un peu plissées par place, mais est-ce naturel? Je serais plutôt tenté de rechercher l'origine de ces plis dans un relâchement des tissus causé par la mort de l'animal. Pour tous les détails intérieurs, on est forcé de disséquer ce petit être, ce qui rend une vue d'ensemble assez difficile.

Chez les *Cypris* on trouve généralement ce *receptaculum* rempli des énormes zoospermes caractéristiques pour ce genre, ils sont enroulés, ne pouvant pas entrer de toute leur longueur. Nous ne trouvons rien de semblable ici : les zoospermes sont-ils très-petits ou ont-ils une réfraction égale à celle du liquide dans lequel ils sont contenus, ou encore est-ce par un curieux hasard que je n'aie jamais rencontré un individu muni d'un *receptaculum* autre que vide? Ce sont autant de questions auxquelles je ne puis pas encore répondre.

Le reste de l'appareil reproducteur femelle est comme celui des *Cypris*, c'est-à-dire un long tube dont l'extrémité est garnie de petites cellules qui plus tard deviendront des vésicules germinatives, s'entoureront de vitellus et d'une membrane vitelline. Chaque tube s'élargit à mesure qu'on avance, il contient des œufs plus âgés. Il entoure le muscle des valves (celui qui va d'une valve à l'autre et sert à les refermer comme le ou les muscles des mollusques bivalves) et revient en arrière déboucher à la valve correspondante; il n'y a là rien de nouveau, tout l'appareil est bilatéral et symétrique.

En ce qui concerne les organes mâles, je ne puis rien en dire, n'ayant pas encore eu la chance de rencontrer des *Acanthopus resistans* de ce sexe. J'en ai trouvé deux exemplaires pour l'espèce suivante, et j'exposerai le peu que j'ai pu observer sur cet appareil compliqué, mais malheureusement, mes connaissances sur ce point sont encore dans un état plus que rudimentaire.

Acanthopus elongatus (nov. sp.)

Long. = $0^{mm}950$.
Larg. = $0^{mm}450$.

Cette seconde espèce habite les mêmes localités que la première, les deux formes se sont trouvées dans le même dragage.

Les valves (fig. 16 et 17) sont beaucoup moins fermes et plus transparentes, elles ne sont pas régulières non plus, mais présentent de fortes saillies, moins nombreuses mais plus accentuées que chez la première espèce. Vues de dos, on ne remarque qu'une grande échancrure placée à peu près au milieu de chacune de ces valves. Cette échancrure se bifurque en descendant vers le bord inférieur.

Les bords sont aplatis, et non retournés en dedans comme c'était le cas chez l'espèce précédente, les deux valves même ne peuvent pas se fermer complétement, il reste toujours une ouverture en avant des antennes et en arrière des pattes, ou pour mieux dire, les valves ne se rejoignent complétement que devant les organes de mastication à la partie la plus concave. Pour la précédente espèce, les valves s'ajustaient l'une sur l'autre assez exactement.

Le bord est garni de poils fins, excepté à l'endroit où les deux valves se réunissent (partie dorsale). Outre cela, un peu à l'intérieur, suivant une ligne régulière (fig. 16), rayonnent de nombreux poils très-délicats. C'est à partir de cette limite que commence l'opacité de la coquille. On distingue cependant très-bien l'œil comme une tâche noire surmontée d'une grande lentille brillante.

La teinte générale n'est pas rose comme chez l'espèce précédente, mais légèrement jaunâtre avec une grosse tache noire au milieu de l'animal vers la partie dorsale, c'est-à-dire tout l'espace occupé par les organes de notre crustacé.

Les membres sont semblables à ceux de l'*A. resistans,* exactement le même plan mais plus élancés. Ce sont surtout les antennes de la première paire (fig. 14) où la différence est sensible; sauf cela, les soies mêmes correspondent sans qu'il en manque une seule. Je passe donc sur ces détails.

Le postabdomen rudimentaire (fig. 19) ressemble chez la femelle à celui de l'*A. resistans.* Le *receptaculum seminis* est placé un peu plus haut dans le corps, mais cela tient peut-être à un individu et ne serait pas un caractère spécifique. La partie dorsale est ornée de rangées régulières de petits poils qui descendent des deux côtés.

Chez le mâle, j'ai pu voir l'appareil copulateur qui est extrêmement compliqué. Le pénis proprement dit me manque encore, il n'est, je pense, visible qu'au moment de l'érection. Ce sont surtout des prolongements chitineux, des crochets articulés et non articulés destinés à maintenir la femelle dans une position déterminée, qui sont très-développés et rendent cet appareil des plus compliqués. Je ne puis pas en dire grand'-chose, car quoique j'aie copié très-fidèlement ce que je voyais sous le microscope, je n'ai pas pu me rendre compte d'une façon précise de l'ensemble de toutes ces pièces. Je ne fais même pas reproduire ici toutes ces figures, elles ne sont pas assez complètes.

L'appareil forme un tout (fig. 18), qui se sépare assez facilement de l'animal et reste en une masse, il est entièrement chitineux à l'exception de gros muscles qui font mouvoir quelques-unes de ces pièces. Je n'ai malheureusement pas pu voir un mâle en copulation, et ce serait, je crois, absolument nécessaire pour comprendre le mécanisme de cet organe compliqué, et encore, grâce au peu de transparence des valves, ne verrait-on pas grand'chose. Le seul mouvement dont j'aie été témoin, a été un élargissement et un rétrécissement de tout l'appareil; les deux vastes capuchons, si je puis appeler ainsi les deux pièces principales placées de chaque côté, s'éloignaient et se rapprochaient, mais ces mouvements n'étaient que de courte durée et sans un but apparent.

Genre de vie et locomotion du genre Acanthopus.

L'*Acanthopus* est de tous les crustacés que je connaisse, celui qui marche le moins facilement, il va sans dire que les crustacés parasites qui ne marchent pas du tout sont exceptés. Il a deux modes de locomotion, il avance en marchant, et en s'enterrant.

Pour marcher, les antennes de la seconde paire agissent exactement comme celles des *Candona;* elles sont alternativement lancées en avant, les piquants s'accrochent à ce qu'ils rencontrent et sous l'influence des muscles fléchisseurs, tout le corps est amené en avant, vers l'endroit où les crochets sont fixés.

Les pattes de leur côté ont aussi leur mode d'action particulier, les trois dernières articulations sont très-flexibles, ce qui les affaiblit, et de plus les derniers articles sont presque toujours retournés plus ou moins en avant, ce qui empêche souvent le crochet terminal de se fixer, et lui ôte beaucoup de son utilité pour la marche.

Les crochets garnissant l'extrémité de l'article basilaire, qui dépassent un peu les valves quand celles-ci sont ouvertes, jouent un grand rôle pendant la marche. Ces crochets, on s'en souvient, sont mobiles, ils s'accrochent à ce qu'ils rencontrent et poussent l'animal en avant; mais les progrès sont lents car les mouvements de ce premier article sont bien plus restreints que si toute la patte agissait; cependant ce que l'on perd en vitesse on le gagne en force et ceci est certainement bien plus important pour notre crustacé, surtout quand il s'enterre. Nous voyons donc pendant la marche deux parties de la patte agissant chacune d'une façon indépendante en vue d'un résultat commun, c'est-à-dire d'attirer le corps en avant.

Sur une surface lisse l'*Acanthopus* n'avance que très-difficilement; placé dans un verre de montre il se met sur le flanc, et fait manœuvrer tous ses membres, mais ils glissent sur cette surface unie, il a même de la peine à se retourner. Les *Candona* qui ne peuvent pas non plus nager, mais rampent à la manière des *Acanthopus*, peuvent cependant parfaitement grimper contre les parois verticales d'un flacon, elles y passent même des journées entières.

Pour la marche, les antennes de la première paire n'ont pas une influence directe, elles servent uniquement à explorer le terrain, et peut-être à écarter les corps étrangers qui pourraient y mettre obstacle.

La marche n'est probablement jamais régulière; les mouvements des membres sont seuls réguliers, tout dépend du fait que les crochets s'enfoncent, ou ne s'enfoncent pas dans le fond.

Du reste ce mode de locomotion n'est, je crois, que rarement employé, je ne l'ai observé qu'une seule fois, et dans des conditions très-artificielles. J'avais placé un *Acanthopus* sous le microscope. Le couvre-objet était collé au porte-objet au moyen d'un peu de cire. Notre crustacé ayant rencontré ce corps solide et rugueux fit aller ses membres de la manière indiquée plus haut et marcha très-convenablement quoique fort peu régulièrement.

Le mode de locomotion le plus usité consiste à avancer dans l'intérieur du limon et des débris organiques. L'*Acanthopus* s'enfonce là-dedans comme un insecte fouisseur, et ne laisse derrière lui qu'un petit trou.

Avant d'aborder ce sujet je crois nécessaire de donner quelques explications sur la nature du fond.

Le produit des dragages de M. *Forel* représente exactement la couche superficielle sous-lacustre. En effet nous y trouvons le limon très-fin qui garnit tout le fond, et par dessus ce limon des débris organiques en grand nombre. Vieilles carapaces d'entomostracés, excréments, restes d'œufs d'insectes, de mollusques, de vers, algues, diatomées, etc., etc.

Je considérais les *Acanthopus* comme se trouvant à peu près dans leur milieu naturel; ils retrouvaient dans mon vase la couche superficielle du fond du lac, il ne leur manquait que l'eau renouvelée et la pression des grandes profondeurs, mais ils ne semblaient pas trop gênés par cela les premiers jours ils avaient leur charnier du fond du lac, et ils s'en accommodaient très-bien.

Quand ils cherchaient à s'enterrer dans ces débris, les antennes de la première paire semblaient leur être indispensables. Elles maintenaient l'animal pendant que la seconde paire travaillait.

On peut comparer le jeu des quatre antennes (jeu que nous avons déjà exposé plus haut), à celui des pattes de devant d'une taupe. Une seule paire d'antennes aurait empêché l'animal de pénétrer, elle l'aurait toujours attiré dans le même sens, tandis qu'une fois deux antennes opposées fixées, elles amenaient le corps en avant entre elles. Les antennes de la première paire avaient encore bien plus à faire pour écarter les obstacles que pendant la marche ordinaire.

La position que prend l'animal pour s'enfouir dans les débris organiques n'est pas fixe, toutes les postures lui sont bonnes; on le voit tantôt de côté tantôt sur le dos, les membres en l'air, peu importe, il recherche uniquement des points d'appui pour ses antennes.

Dans le limon je ne l'ai jamais vu pénétrer autrement que dans la position de marche, c'est-à-dire le bord inférieur des valves contre terre. On le voit gratter un moment le sol avec ses antennes puis il se redresse sur la partie antérieure de ses valves, s'enfonce et disparaît. Si on le couche sur le côté et qu'il ne rencontre pas son point d'appui, il ne peut pas se relever.

Origine de l'Acanthopus.

Après avoir étudié l'*Acanthopus* on est tout naturellement porté à se demander comment il se fait qu'un genre ayant tellement de rapport avec d'autres genres marins puisse se trouver dans notre lac, tandis que sa présence n'a été signalée dans aucune autre eau douce. Je ne puis trouver que deux manières d'expliquer ce fait ; ce ne sont que des hypothèses, je le sais, mais en tout cas la vérité doit se trouver dans une de ces deux suppositions.

1° Il aurait été apporté de la mer à l'état d'œuf et il se serait, par transformations successives, accommodé à son nouveau genre de vie.

2° Il aurait pour ancêtre un ostracode d'eau douce, *Candona*, et peu à peu, ne quittant pas les grands fonds, la sélection lui aurait donné des formes ressemblant à celles des genres marins vivant dans des conditions à peu près semblables.

Je ne mets même pas en avant l'idée que notre crustacé pourrait être le représentant de la faune marine qui peuplait nos terres avant leur soulèvement ; la période glaciaire condamne une telle supposition.

Nos grands bassins étaient couverts ou plutôt remplis par d'immenses glaciers sous lesquels l'*Acanthopus* ne pouvait évidemment pas vivre. Comment aurait-il pu traverser cette époque géologique ?

M. *Forel*, du reste, a déjà fait cette objection d'une manière générale pour toute la faune de notre lac[1].

---

[1] Bulletins de la Soc. vaud. des sc. nat., vol. XIV, n° 76, p. 220.

Revenons donc à nos deux hypothèses, et voyons laquelle offre le plus de probabilités. Contre la première nous avons la difficulté d'accommodation à un milieu nouveau, chacun sait qu'une espèce marine transportée dans l'eau douce ne tarde généralement pas à périr.

Outre cela, M. *Aloïs Humbert,* à qui l'on doit l'intéressante observation d'œufs adhérents aux plumes de canards ou de grèbes, ne parle que d'œufs d'hiver de crustacés cladocères [1]. Cependant on peut encore admettre la possibilité que des œufs d'ostracodes s'attachent à des oiseaux, quoique les *Cytheridæ* habitent le fond.

Plusieurs genres d'oiseaux *Anas*, *Mergus*, *Colymbus*, *Podiceps,* etc., vont souvent jusqu'au fond chercher quelque nourriture. Les *Cythere* vivent aussi le long des côtes, elles n'ont pas besoin des grands fonds; l'oiseau peut donc arriver jusqu'à elles. L'œuf conserve sa faculté de germer dans les plumes pendant un laps de temps assez prolongé; là n'est pas la difficulté.

On pourrait aussi mettre en avant le transport par poissons, mais pour le bassin du Léman, nous avons malheureusement la perte du Rhône qui arrête les deux poissons qui vont jusqu'à la mer, l'un pour frayer, l'autre après avoir frayé, l'anguille et le saumon. Les quelques anguilles trouvées accidentellement dans notre lac, ne suffisent pas pour résoudre notre problème d'une manière acceptable.

En ce qui concerne la faculté d'une espèce marine de s'accommoder de l'eau douce, la difficulté est peut-être moindre qu'elle ne le semble de prime abord. Chez les crustacés en particulier je puis citer deux exemples à moi connus, un *Gammarus* et une *Daphnia.*

M. *Catta,* professeur à Marseille [2], a parlé à la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles, section de zoologie, à Bex, en août 1877, d'un *Gammarus rhipidiophorus* (nov. sp.) qu'il a observé dans un puits de la *Ciotat*. L'eau de ce puits est tantôt douce, tantôt saumâtre, et son *Gammarus* n'a pas l'air de s'en préoccuper autrement. Il s'élève du reste plus facilement dans l'eau douce, que M. *Catta* considère comme son milieu normal, mais il voit aussi dans ce cas particulier une tendance à un retour vers l'eau salée.

---

[1] Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. XIV, p. 221.

[2] Cité dans les Actes de la Soc. helvétique des sc. nat. à Bex, p. 256 et suiv., puis dans Archives des sciences, n° 238, oct. 77, p. 335.

Le second cas est cité par M. *Schmankewitsch*[1].

D'après cet auteur, la *Daphnia rectirostris* vit dans l'eau douce et dans l'eau salée — mais suivant le milieu qu'elle habite, elle subit des modifications, et l'on peut distinguer pour cette espèce des variétés constantes.

Cette *Daphnia* a été observée : 1° dans un lac d'eau saumâtre assez concentrée ; 2° dans des mares saumâtres, moins concentrées, et enfin 3° dans l'eau douce. La forme qui vit dans les mares tient le milieu entre les deux formes extrêmes du lac saumâtre et de l'eau douce.

Ce qui est le plus intéressant, c'est qu'en élevant la forme d'eau salée dans de l'eau moins concentrée, elle change bientôt et se rapproche de la forme d'eau douce.

Ces deux exemples nous prouvent que le changement de milieu n'est pas un obstacle infranchissable pour l'extension d'une espèce.

Cette objection à ma première hypothèse perd par cela même beaucoup de sa valeur puisque nous voyons qu'elle n'est pas absolue surtout pour des animaux très-proches parents des *Acanthopus*. Il faudrait faire l'expérience directe, c'est-à-dire essayer d'élever des *Cytheridæ* dans l'eau douce. Si l'on réussissait dans cette tentative, notre hypothèse serait bien près d'être prouvée et elle deviendrait un fait acquis à l'histoire de ces petits êtres.

Un des deux exemples qui viennent d'être cités nous montre aussi que l'influence de milieu se fait immédiatement sentir sur une espèce en la modifiant, et nous devons admettre que si notre *Acanthopus* descend réellement des *Cytheridæ,* il est probable qu'il aura subi plusieurs modifications depuis qu'il s'est acclimaté chez nous. Je dirai même plus, le contraire serait étonnant.

---

[1] Zeitschrift fur wissenschaft. Zoologie, XXIX. Band.

La seconde de nos hypothèses offre aussi quelque probabilité, mais elle présente plus de points faibles que la première. Si nous cherchons un ancêtre de l'*Acanthopus* dans nos eaux, nous ne trouvons guère que les *Candona.* Si notre genre descend d'un autre genre lacustre, cette dernière forme doit être éteinte ou inconnue. Nous sommes donc réduits à établir une comparaison avec le genre *Candona.*

Ces ostracodes ressemblent un peu aux *Acanthopus* quoique les membres soient bien différents. Les antennes de la seconde paire ont seules du rapport, mais malgré cela admettons un instant que peu à peu, de transformations en transformations, les membres se soient modifiés.

Les organes intérieurs du reste se sont conservés à peu près tels qu'ils étaient.

L'*Acanthopus* vivant à une profondeur à laquelle les vagues ne se font plus sentir, pouvait se passer de certains organes de locomotion et de fixation. Le postabdomen aura toujours tendu à diminuer, et enfin nous le trouvons à l'état rudimentaire. Par contre les antennes de la première paire se sont beaucoup renforcées comme étant de la plus grande utilité, ainsi que je l'ai déjà démontré plus haut.

Une paire de maxilles s'est transformée en pattes, ce qui confirme la supposition que j'avais faite en 1874[1]. Je disais que ce genre devait se nourrir de cadavres d'animaux qui se rencontrent abondamment dans les grands fonds.

Je n'ai aucune nouvelle preuve à l'appui de ce que j'avance, si ce n'est la manière avec laquelle ces entomostracés s'enfoncent dans les débris d'animaux et y passent la plus grande partie de leur existence.

Les fortes mandibules et les maxilles sont bien assez puissantes pour lacérer ces corps à moitié décomposés. La seconde paire de maxilles n'aurait donc plus aucune utilité, de là sa transformation.

---

[1] Loc cit., p. 104.

Si l'*Acanthopus* a pris une forme ressemblant aux *Cytheridæ* quoique ne descendant pas directement d'elles, on pourrait dire que vivant dans des conditions à peu près semblables la sélection aura agi sur lui de la même façon qu'elle avait agi à une époque reculée en formant des *Cytheridæ*. De là cette ressemblance dans les organes.

Nous devons aussi admettre d'une manière toute générale que les crustacés d'eau douce descendent des crustacés marins et on trouverait dans l'*Acanthopus* un cas d'atavisme.

Cet entomostracé serait revenu à un type se rapprochant de l'ancêtre commun.

Ces deux hypothèses ont donc, l'une comme l'autre, une raison d'être, mais la première me semble reposer sur un fondement plus solide. Elle a pour elle en particulier la grande ressemblance des *Acanthopus* avec les genres marins, ce qui semble indiquer bien plus une parenté directe qu'un cas de retour vers un ancêtre très-reculé, ou encore qu'un développement parallèle dans la mer et dans l'eau douce.

En tout cas la vérité doit se trouver dans une de ces deux suppositions :

Ou l'*Acanthopus* a été apporté dans notre lac, ou il s'y est formé.

Peut-être trouvera-t-on notre genre dans d'autres lacs, mais cela ne prouverait rien, car une fois formé dans un endroit il peut être transporté dans d'autres, quoique certaines conditions spéciales rendent son émigration plus difficile que celle de beaucoup d'autres genres.

Si d'un autre côté il ne se trouvait que chez nous il n'y aurait pas lieu de s'en étonner, car par le fait de son mode de vivre dans les grands fonds, il ne peut être que très-difficilement en rapport avec le monde aérien. Le nombre de mes observations est trop restreint pour certifier qu'il ne s'approche jamais des côtes, mais je crois pouvoir affirmer que non, par le fait qu'il a besoin de limon pour mener son existence souterraine. Il ne pourrait pas, ce me semble, traverser une couche de sable ou de gravier comme on en rencontre en se rapprochant des côtes. Il ne résisterait pas non plus aux vagues, il serait traîné sur le fond et brisé. S'il s'approche des côtes il ne peut le faire que dans un endroit où le limon arrive jusqu'au bord (Villeneuve par exemple), et là encore il ne peut s'en approcher que par un temps calme, ou en voyageant dans l'intérieur même du limon. On pourrait mettre en avant qu'un œuf aurait pu être amené jusqu'à la surface des eaux par une bulle d'air s'attachant à ce petit corps dans les couches profondes; cela rentre dans les faits possibles, mais peut-on se servir d'une hypothèse aussi chanceuse?

H. V.

§ XLII. **Entomostracés de la faune profonde du lac Léman et description de la Moina bathycolla** (nov. sp.), par le Dr *H. Vernet*, à Duillier.

On trouvera peut-être intéressant que j'indique ici les autres entomostracés rencontrés dans le produit de nos différents dragages; ils sont assez nombreux, et cette liste de la faune profonde servira de complément à d'autres listes provisoires que M. *Forel* avait dressées pour les faunes littorales et pélagiques[1]. Il se peut que quelques espèces que je cite n'appartiennent pas à la faune profonde, mais se soient trouvées accidentellement à ce fond peu considérable, 40m, ou encore aient été prises par le filet, en remontant à la surface.

En 1874, j'indiquais un plus grand nombre d'espèces de *Candona,* mais pour la plupart je n'avais en main qu'un seul exemplaire mal conservé. Quoique n'ayant pas retrouvé toutes ces espèces je ne crois cependant pas qu'on puisse mettre leur existence en doute. Outre les *Candona* j'avais encore le *Canthocamptus staphylinus*, que je n'ai pas retrouvé depuis, mais qui existe certainement, j'en avais plusieurs exemplaires que j'ai pu déterminer avec certitude. Les trois espèces de Cyclops indiquées sont le *C. magniceps*, pour la première, et *C. brevicornis* pour les deux autres. Je donnais onze articles aux antennes de la seconde espèce et douze à celles de la troisième.

---

[1] Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. XIV, nos 75 et 76, p. 209 et 211.

Ce n'est du reste, je le répète, qu'une seule et même espèce à un degré de développement différent, les deux formes sont des jeunes de *brevicornis* avec 17 articulations aux antennes.

Cladocères.

Sida crystallina (O. F. Müller).
Daphnia hyalina (Leydig).
Moina bathycola (nov. sp.).
Eurycercus lamellatus (O. F. Müller).
Camptocercus macrourus (O. F. Müller).
Alona quadrangularis (O. F. Müller).
Pleuroxus.....
Bosmina longispina (Leydig).

Ostracodes.

Cypris minuta (Baird).
Candona lucens et similis (Baird).
Acanthopus resistans (nov. gen. et. sp.).
Acanthopus elongatus (id.).

Copépodes.

Cyclops magniceps (Liljeb).
Cyclops brevicornis (Claus).
Diaptomus castor (Jurine).
Canthocamptus minutus (Cls).

De ces 16 espèces différentes la *Sida crystallina* et *D. hyalina* appartiennent sans contredit à la faune pélagique [1], mais peut-être aussi à la faune profonde. La *Moina bathycola* (fig. 23) ne doit se rencontrer que dans la faune profonde, c'est une nouvelle espèce, je n'ai malheureusement pas pu suffisamment l'étudier, je n'en ai eu que peu d'exemplaires.

A première vue elle a quelque rapport avec la *D. brachiata* des auteurs, ses bras sont en effet très-développés, cependant il suffit de faire une comparaison même superficielle pour voir que ce n'est pas une seule et même espèce.

D'après *Jurine* [2] son *Monoc. brachiatus* nagerait très-bien tandis que notre *Moina* ne nage pour ainsi dire pas du tout. Je l'ai vue s'enfoncer au milieu des débris organiques ou dans le limon, et faire son chemin de la sorte à la manière des *Acanthopus;* mais à la nage elle avance à peine.

Le nombre des œufs serait aussi très-considérable, quant à moi je n'en ai jamais vu plus de deux.

La *D. brachiata* de *Lievin* [3] n'a pas de tache oculaire; notre *Moina* en a une, petite, mais très-distincte, qui est placée immédiatement à côté de l'œil, au-dessous et en arrière. La forme générale n'est pas non plus la même, une partie seulement du bord des valves est garni de soies dans le dessin de *Lievin,* tandis que nous en trouvons jusqu'au point de jonction des deux valves.

La *brachiata* de *Leydig* [4] n'a pas non plus la même forme, le postabdomen est très-mince sur sa figure, il est très-large chez notre espèce.

C'est avec la *Moina brachiata* de *Baird* [5] que nous trouvons le plus de rapport, et encore y a-t-il bien des différences; elle est censée de couleur olive, je l'ai toujours trouvée faiblement colorée en jaune et peu transparente; le postabdomen n'aurait que 8 courtes épines, j'en trouve 18 de chaque côté, etc. Toutes ces raisons me décident à la séparer complétement de la *brachiata* et d'en faire une nouvelle espèce, quoique je la connaisse encore peu.

---

[1] Je commettais une erreur dans mon premier travail en 1874 lorsque je classais exclusivement dans la faune littorale la *Sida crystallina.* Cette espèce appartient encore plus à la faune pélagique qu'à la faune littorale.

[2] *Jurine.* Hist. des Mon., p. 131, pl. 12, fig. 3 et 4.

[3] *Lievin.* Branch der Danz. Geg. p. 29, tab. VI, fig. 7-9.

[4] *Leydig.* Daphniden, p. 166, fig. 39-43.

[5] *Baird.* Britisch. Entom., p. 102, tab. IX, fig. 1-2.

Elle a tous les caractères des *Moina,* excepté le premier indiqué par *Baird*[1]*;* c'est cet auteur qui a établi ce genre.

La tête n'est ni ronde ni obtuse, elle est au contraire pointue, mais les antennules sont bien d'une longueur considérable et les antennes très-larges et charnues à leur base.

Longueur des valves, tête comprise		$0^{mm}650$.
Largeur	max.	$0^{mm}410$.

Antennules longues et assez fortes portant à leur extrémité des soies très-délicates terminées par une papille sensitive. Ces soies sont de longueurs inégales, deux en particulier dépassent les autres. Ganglions distincts au milieu de l'antennule en communication avec les soies sensitives et avec le ganglion céphalique. La soie qui est placée au milieu du bord antérieur de l'antennule de la *M. brachiata* manque ici.

Antennes très-fortes à leur base, plissées jusqu'à la bifurcation, portent deux soies au bord antérieur et une au bord postérieur. Des deux rameaux, un est composé de 3, l'autre de 4 articles; le premier porte 5 soies biarticulées, une à l'extrémité de chacun des deux premiers articles, et trois à l'extrémité du troisième. Ce dernier porte encore une quatrième soie simple c'est-à-dire non articulée. Le second rameau n'a que 3 soies biarticulées, toutes à l'extrémité du quatrième article, et deux simples aux second et quatrième articles.

Le postabdomen est large, il se termine par deux longs crochets entourés eux-mêmes par quelques crochets plus petits et une rangée de poils très-fins qui sont placés un peu au-dessus du bord.

---

[1] *Baird.* Britisch. Ent. p. 100. *Moina* Head rounded and obtuse. Superior antennæ of considerable length one-jointed arising from the front of the head near the centre. Inferior antennæ very large, and fleshy at the base.

Toute la partie postérieure du postabdomen, jusqu'aux deux longues soies biarticulées est garnie de crochets. On remarque deux rangées de chaque côté avec 18 crochets, puis autour de l'anus quelques crochets supplémentaires rangés sans grand ordre, et enfin, au milieu du postabdomen, entre les deux lignes principales, une autre ligne qui ne compte que 6 à 7 crochets; elle commence près des soies caudales et ne se prolonge pas très-bas.

Sur le dos il n'y a aucun prolongement qui ferme la cavité laissée entre les valves, et dans laquelle les œufs se développent *(Brutraum* des auteurs allemands, *matrice* de *Jurine).* De forts muscles sont placés de chaque côté du tube digestif, ils font mouvoir le postabdomen qui est le principal organe de locomotion.

Les deux soies biarticulées du postabdomen sont très-longues, elles plongent leurs racines très-profondément; on peut les suivre par transparence jusqu'à leur rencontre avec le bord armé de crochets.

Les valves ont une forme assez irrégulière, elles sont bordées de soies munies de poils secondaires. Ces appendices cessent brusquement à l'endroit où les valves sont soudées l'une à l'autre. Je n'ai pas trouvé trace de stries sur les valves. Il ne m'a été possible de découvrir que de très-petits points plus foncés très-rapprochés les uns des autres, sauf cela tout est d'apparence parfaitement homogène.

L'œil porte des lentilles en petit nombre, aussi sont-elles relativement grosses; la tache oculaire est petite, un peu en arrière et au-dessous de l'œil; sur un de mes exemplaires elle le touchait même.

Eurycercus lamellatus (Müller) et *Camptocercus macrourus* (Müller) avaient déjà été trouvés en 1874; le *macrourus* habite aussi le littoral.

Alona quadrangularis (Müller). Sur cette espèce règne une assez grande confusion. En 1874 je la signalais dans le lac Léman et le lac de Neuchâtel, sous le nom de *Lynceus striatus* (Jurine). C'est bien en effet le *L. striatus* de *Jurine,* mais c'est aussi l'*Alona quadrangularis* de *Baird*[1], le *L. quadrangularis* de *Lievin*[2] et le *L. affinis* de *Leydig*[3]. Ces trois espèces n'en font qu'une. Les descriptions et les dessins s'accordent parfaitement.

Leydig[4] décrit un autre *L. quadrangularis* qui est une espèce très-différente que je n'ai encore jamais rencontrée.

Pleuroxus. Je n'en ai trouvé qu'un seul exemplaire, je n'ai pas pu en déterminer l'espèce qui peut-être est nouvelle et ne répond pas aux caractères donnés par *Baird* pour ses trois espèces.

Bosmina longispina. Elle répond à la description et aussi au dessin de *Leydig*[5]. La carapace est striée irrégulièrement, etc. Le seul point qui ne concorde pas tout à fait est l'épine qui termine les valves, elle ressemble plutôt à celle de la *B. longirostris,* mais c'est probablement une différence locale, tout le reste est identique à la *longispina.*

Cypris minuta, indiquée en 1874; elle était très-richement représentée dans chaque produit de dragage.

Candona lucens (Baird), indiquée en 1874; j'en ai trouvé un assez grand nombre d'exemplaires et ces derniers correspondent aussi bien à une autre espèce de *Baird, C. similis*[6], qu'à la *C. lucens;* la forme générale est celle de la *similis;* elle a par contre l'éclat perlé *(pearly lustre)* de la *lucens.* Dans une mare du sommet du Jura, à côté du chalet de la *Trélasse,* j'ai trouvé des formes intermédiaires : les jeunes ressemblent à la *similis,* les adultes à la *lucens* moins l'éclat perlé. Deux taches oranges existent toujours, c'est un des caractères qu'il donne de la *similis*. Le *Candona* du lac possède l'éclat perlé, les deux taches oranges et la forme des valves de la *similis*. Les membres sont pareils dans les deux espèces, et une des deux dénominations doit, je pense, tomber.

---

[1] *Baird.* Brit. Entomostraca, p. 131, tab. XVI, fig. 4.

[2] *Lievin.* Branchiopoden der Danzigergegend. Schriften der naturforsch. Gesell. in Danzig. IV. Band. 2tes Heft. 1848, p. 40, tab. X, fig. 6 et 7.

[3] *Leydig.* Nat. gesch. der Daphniden, 1860, p. 223, fig. 68 et 69.

[4] *Leydig.* Loc. cit. p. 221, fig. 59.

[5] Id. id. p. 207, fig. 62.

[6] *Baird.* Loc. cit., p. 160 et 162, tab. XIX, fig. 2.

Les trois autres *Candona* que j'indiquais en 1874 n'ont pas été retrouvées par moi depuis lors.

Acanthopus. Voir la description plus haut.

Cyclops magniceps (Liljeborg), fig. 20-22.

Je fais rentrer sous ce nom de *Liljeborg* le premier *Cyclops* dont je parlais en 1874. Les caractères indiqués par *Liljeborg* correspondent assez bien, quoique le premier segment du corps ne soit pas $^2/_3$ de la longueur du céphalothorax. Je donne la description sommaire pour le cas où ce serait une autre espèce, je ne connais pas autrement l'espèce de l'auteur scandinave.

Longueur du céphalothorax . . .	0^m481
Longueur de l'abdomen	0^m283
Longueur totale sans les soies . .	0^m764
Largeur max. du céphalothorax . .	0^m254

Antennes de la première paire courtes, moins longues que le premier segment céphalothoracique, larges à leur base, s'amincissant vite. Leur partie supérieure porte de nombreuses soies, mais aucune n'est très-longue. Chaque antenne est formée de 8 articles.

Les branches de la furca, de la longueur des deux derniers segments abdominaux.

Chaque branche porte à son extrémité 4 soies. L'extérieure et l'intérieure sont très-courtes; la seconde intérieure est très-longue, presque le double de la seconde extérieure. Près de l'extrémité de la furca, du côté dorsal, on trouve une rangée de poils très-fins et deux un peu plus forts. L'articulation de la furca avec le dernier article abdominal est aussi bordée de petits poils.

Patte rudimentaire composée d'un seul article portant trois soies, l'extérieure est plus courte que les autres.

Les sacs ovigères sont très-petits et les œufs relativement grands et par conséquent peu nombreux. Les sacs sont portés serrés contre l'abdomen comme chez le *C. coronatus* (Cls).

Ce *Cyclops* nage très-bien, aussi est-il probable qu'il n'habite pas exclusivement le fond du lac. Je l'ai aussi trouvé avec d'autres crustacés dans une fiole que M. *Forel* m'avait remise précédemment et qui portait l'inscription suivante : *Lac de Joux, littoral, faune profonde.*

Cet exemplaire a les branches de la furca beaucoup plus longues que celles de la forme du Léman, presque le double, elles sont aussi plus minces, mais sauf cela les deux *Cyclops* sont identiques.

Cyclops brevicornis (Cls). On rencontre surtout ce *Cyclops* à l'état de jeune avec 11 ou 12 articles aux antennes, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer plus haut. Il se peut qu'il ne vive pas au fond, qu'il ait été pris par le filet en remontant, en tout cas il appartient aussi à la faune pélagique et à la faune littorale; je dirai même plus, il se rencontre dans presque toutes les mares et toutes les rivières, c'est peut-être de tous les *Cyclops* le plus répandu avec le *serrulatus.*

Diaptomus castor appartient aussi aux autres faunes, il se rencontre partout, au bord comme au milieu du lac et toujours très-nombreux, il ne dédaigne pas non plus les mares. Il est probable que les exemplaires que j'ai trouvés dans le limon ont été pris par la drague dans son trajet en descendant et en remontant, car cet entomostracé, très-bon nageur, ne doit pas rechercher le fond.

Canthocamptus minutus aussi assez nombreux. En 1874 j'avais trouvé le *C. staphylinus;* ces deux espèces vivent probablement côte à côte, elles ne peuvent absolument pas nager l'une comme l'autre.

D^r^ H. VERNET.

EXPLICATION DES FIGURES

(Planches VIII et IX.)

Acanthopus resistans (fig. 1-13).

			Grossissement.
Fig.	1.	Antennes de la 1re paire	130
»	2.	» 2e »	130
»	3.	Lèvre supérieure	275
»	4.	Mandibule munie de son palpe	275
»	5.	Extrémité inférieure dentelée de la mandibule servant à broyer les aliments	600
»	6.	Maxille avec son appendice branchial	275
»	7.	Une des soies de l'appendice branchial	600
»	8.	Patte de la 1re paire	130
»	9.	» 2e »	130
»	10.	» 3e »	130
»	11.	Partie postérieure du corps ♀	275
		a. Arête dorsale.	
		b. Lobes représentant le postabdomen rudimentaire.	
		c. Vulve.	
		d. Canal conduisant dans le receptaculum seminis *e.*	
»	12.	Vue de l'animal tout entier	40
		m. Empreinte du muscle qui sert à fermer les valves.	
»	13.	Vue intérieure du bord des valves	275

Acanthopus elongatus (fig. 14-19).

Fig.	14.	Antennes de la 1re paire	275
»	15.	» 2e »	275
»	16.	Animal vu de côté	60
		a. Œil.	

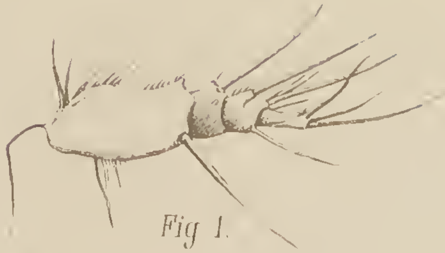


Fig 1.

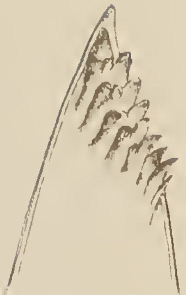


Fig. 5.

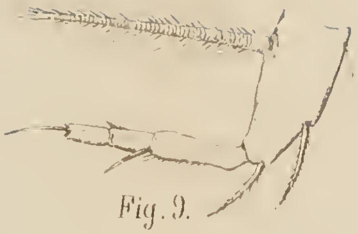


Fig. 9.

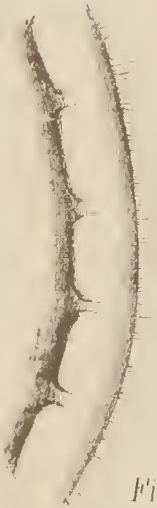


Fig 13.

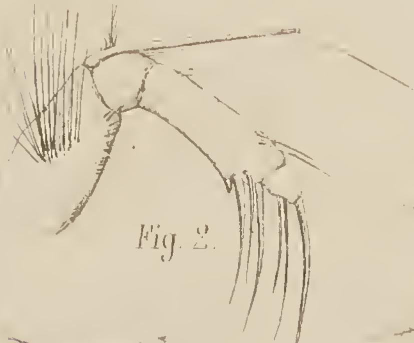


Fig. 2.

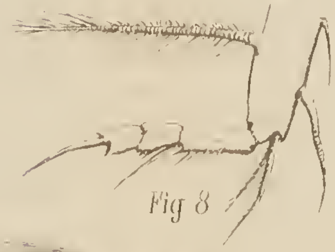


Fig 8

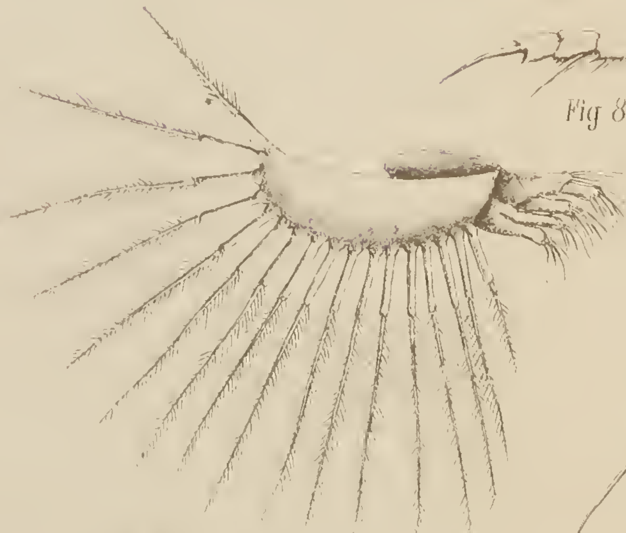


Fig. 6.

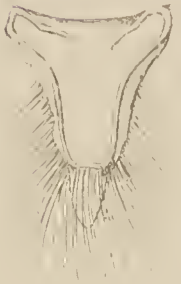


Fig. 3.

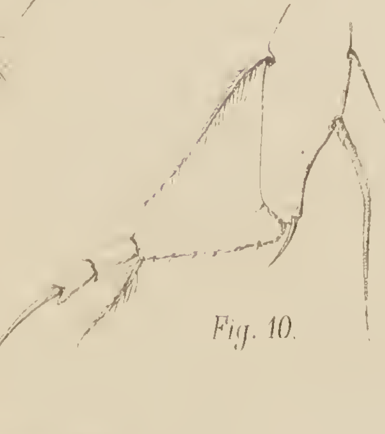


Fig. 10.

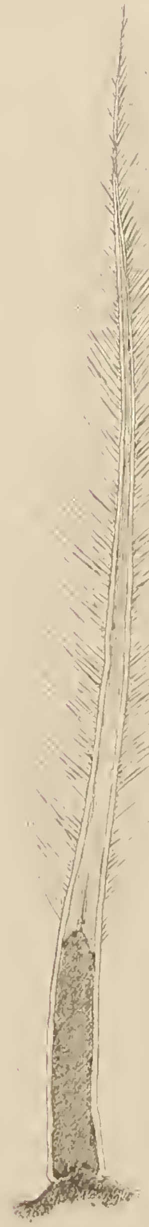


Fig. 7.

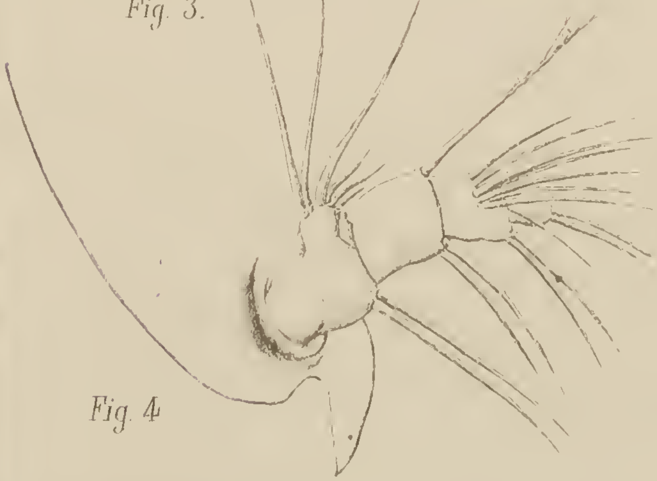


Fig. 4

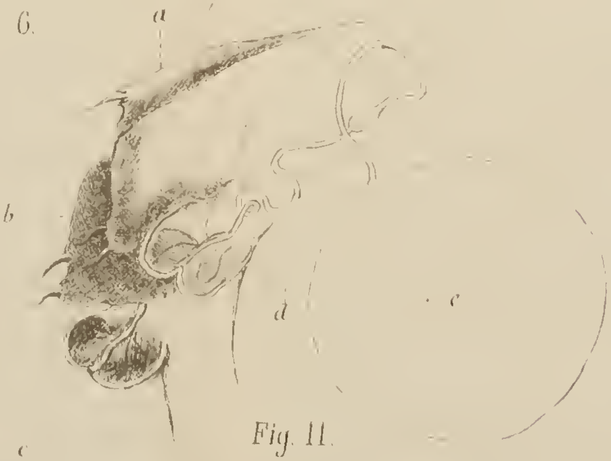


Fig. 11.

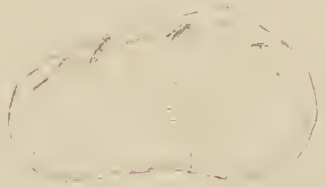


Fig 12.

H. Vernet del.

Lith. Jules Chappuis, Lausanne

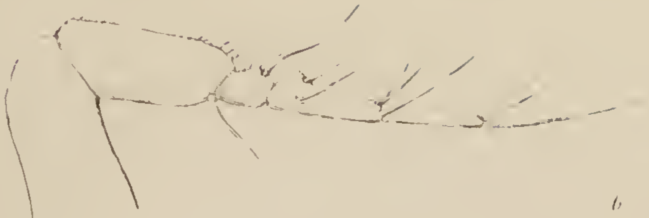


Fig 14.

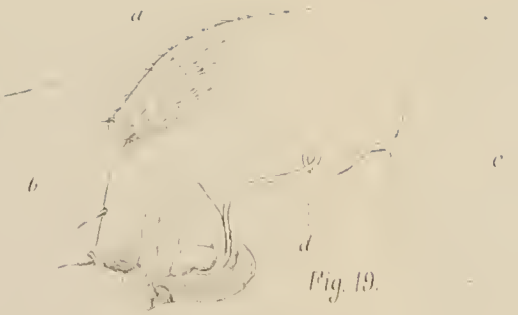


Fig. 19.

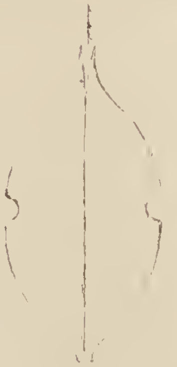


Fig 17

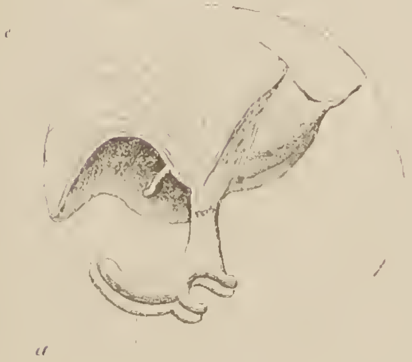


Fig 18

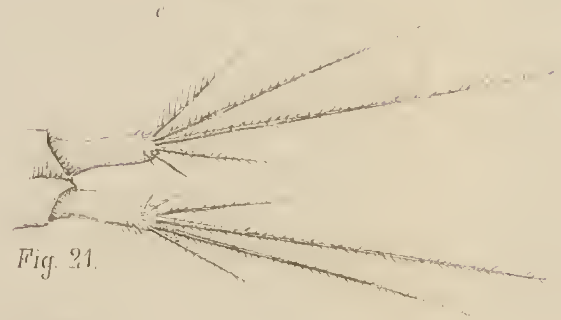


Fig. 21.

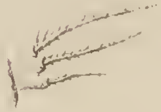


Fig. 22.

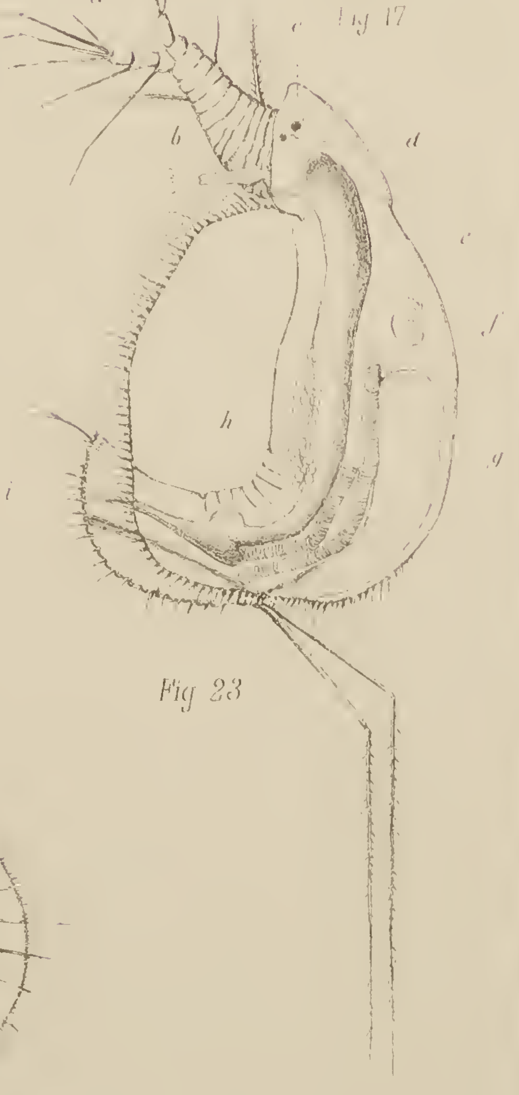


Fig 23

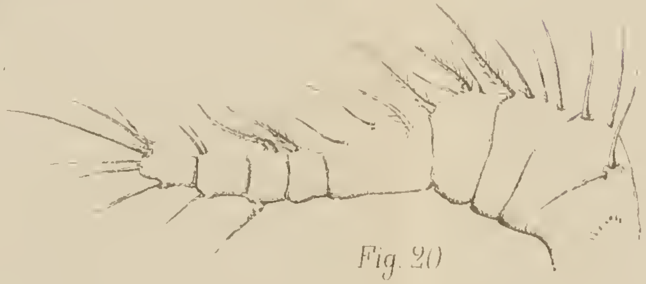


Fig. 20

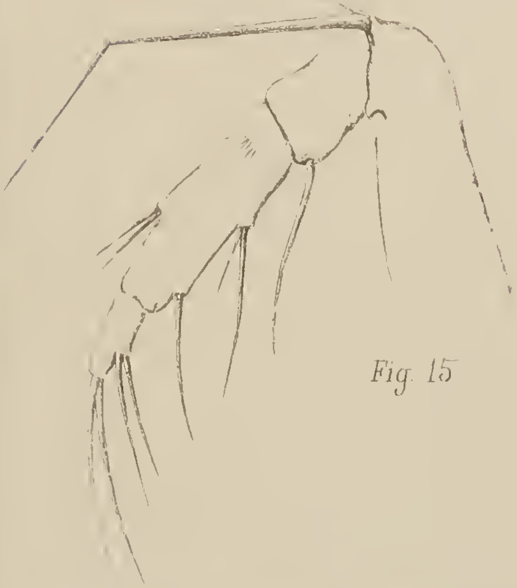


Fig. 15

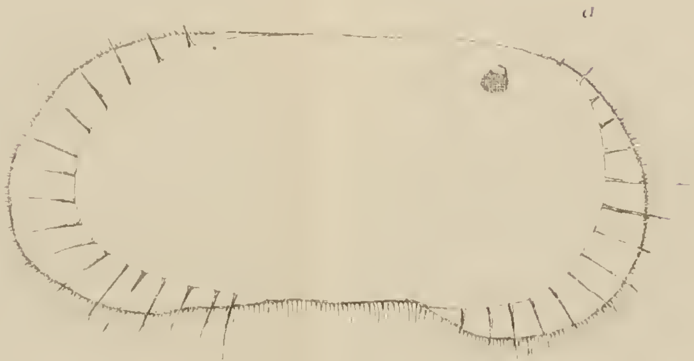


Fig 16

H. Vernet del.

Lith. ... Chappuis Lausanne

		Grossissement.
Fig. 17.	Le même vu de dos	60
» 18.	Appareil copulateur ♂ vu de côté	130
	a et *b*. Deux prolongements chitineux symétriques, servant probablement à retenir la femelle.	
	c. Grand capuchon chitineux dans lequel sont contenus les organes sexuels.	
» 19.	Partie postérieure du corps ♀	275
	Lettres comme fig. 11.	

Cyclops magniceps (fig. 20-22).

» 20.	Antennes	300
» 21.	Furca	175
» 22.	Patte rudimentaire, 5^{me} paire	300

Moina bathycola (fig. 23).

» 23.	Animal vu de côté	80

a. Antennes de la 1^{re} paire.
b. Antennes de la 2^e paire; on distingue dans l'intérieur des ganglions nerveux.
c. Œil entouré de lentilles.
d. Tache oculaire, ou œil rudimentaire.
e. Tube digestif.
f. Cœur.
g. Espace vide entre les valves où éclosent les œufs.
h. Tube sexuel ♀.
i. Anus.

* * *

Notice sur la **Capsella rubella**, Reut.

par M. J. Vetter.

Quoique la plupart des botanistes modernes aient admis cette espèce, découverte par M. Reuter, il y en a cependant encore un certain nombre qui, trompés par la grande ressemblance de cette plante avec sa congénère si polymorphe *Capsella Bursa pastoris,* ne veulent voir dans la première qu'une variété de la seconde. Le fait suivant me semble lever tous les doutes à cet égard.

J'avais introduit, il y a une douzaine d'années, à Aubonne, la *Capsella rubella* provenant de Montreux. Cette plante s'était beaucoup répandue dans le courant des années, et quoiqu'elle se trouvât souvent mêlée à *Capsella Bursa pastoris,* je n'avais jamais eu de la difficulté à la reconnaître immédiatement. Ce printemps j'observais, dans un endroit en friche, beaucoup de plantes hybrides : *Capsella Bursa pastoris rubella*, au milieu d'innombrables parents. Les plantes hybrides tiennent, quant à la coloration et la grandeur des fleurs, le milieu entre les deux parents. Elles sont ordinairement plus élevées que les parents, ce qui se voit souvent dans les plantes hybrides en général; leurs grappes fructifères sont très allongées, portant sur des pédoncules assez courts les petites silicules *stériles!* dont la forme a aussi quelque chose d'intermédiaire entre les deux parents.

Or comme on n'a jamais observé des hybrides stériles entre une variété et son type, mais seulement entre deux espèces du même genre, il résulte du fait observé que *Capsella rubella,* Reut., doit être considérée par tous les botanistes, quelle que soit l'Ecole qu'ils suivent, comme une bonne *espèce.*

Aubonne, le 25 mai 1878.

1 SÉP. BULL. SOC. VAUD. SC. NAT. XV, 80. BULL. 537

NOTICE

SUR LA

Matière colorante du Porphyridium cruentum Næg.

(Palmella cruenta Ag.)

Par M. J.-B. SCHNETZLER, professeur.

A la fin du mois d'avril je trouvai, sous la voûte humide qui conduit de l'ancien amphithéâtre d'Avenches dans un souterrain où se trouve conservée une pirogue lacustre, des taches couleur de sang qui couvraient une partie du sol. On pouvait même à l'œil nu juger d'après l'aspect et la couleur de ces taches qu'elles étaient probablement formées par de petites algues rouges. A l'aide du microscope on voyait en effet que l'algue qui formait ces taches était le *Porphyridium cruentum Næg.* Des millions de petites cellules d'environ 0,0011 de millimètre, de formes arrondies ou anguleuses par leur pression réciproque, se trouvent réunies par une matière gélatineuse. Dans sa *Kryptogamen flora* de la Saxe, etc., publiée en 1863, Rabenhorst place notre petite algue dans la division des *Chlorophyleaceæ,* ordre des *Palmellaceæ,* sous le nom de *Palmella cruenta* Ag., en disant qu'à la place de la chlorophylle on y trouve une matière colorante rouge, l'érythrophylle ou une huile de couleur rougeâtre. Dans sa *Flora europæa algarum,* publiée en 1868 (volume qui contient le genre Porphyridium Næg.), le même auteur place la même algue dans la division des *Rhodophyceæ* (Florideæ Ag.) qui renferme en grande partie des algues marines de couleur rose, rouge, pourpre, etc. C'est à cette même classe qu'appartient le genre Hildenbrandia dont j'ai eu occasion d'entretenir notre Société.

D'après Rabenhorst la chlorophylle manque complétement dans les algues de cette classe.

En examinant notre petite algue rouge sous le microscope, j'ai trouvé à côté d'elle une algue de couleur verte qui, sauf la couleur, présentait les mêmes caractères que sa voisine. L'idée me vint alors d'essayer la diffusion à l'aide d'une solution de borax, pour voir si l'algue rouge ne renfermait pas de la matière colorante verte. En effet, au bout d'un temps très court, toute la matière colorante rouge avait diffusé dans la solution de borax et mon Porphyridium cruentum était devenu complétement vert comme l'algue qui était à côté de lui et qui lui était alors identique. La matière colorante était bien de la chlorophylle granuleuse qui ne diffuse pas dans le borax, ce qui la distingue des matières colorantes vertes qu'on trouve dans beaucoup d'algues.

Les algues de la classe des Rhodophyceæ se reproduisent par des organes mâles et femelles (antheridia, cystocarpia). Les Palmellacées se multiplient par simple division de leurs cellules. Chez le Porphyridium cruentum on n'a pas encore observé de reproduction sexuelle, mais seulement la division des cellules. Cette algue paraît donc avoir été placée dans les Rhodophyceæ à cause de l'absence de la chlorophylle; mais comme celle-ci existe en réalité, elle me semble devoir reprendre sa place parmi les Chlorophyllaceæ, jusqu'à ce qu'on y découvre les organes de reproduction des Rhodophyceæ[1].

---

[1] M. le Dr Frank (Synopsis de Leunis 1877) replace en effet Porphyridium cruentum Næg. dans les Palmellacées.

OBSERVATIONS ACTINOMÉTRIQUES

Par **C. DAPPLES**, ingénieur à Lausanne[1].

(Pl. XXIX.)

Quoique l'actinométrie, ou la mesure de l'intensité calorifique des rayons solaires, ne soit pas une branche ancienne des sciences physiques, un certain nombre d'observateurs ont donné, depuis le milieu du siècle dernier jusqu'à nos jours, des résultats numériques importants ou, pour le moins, intéressants. On peut citer Bonguer, Lambert, John Herschel, de Saussure, de Gasparin, le p. Secchi, Soret, Dufour, Forbes, Pouillet, Kaemtz, Violle, Crova, etc.

Ils ont fait usage de deux méthodes bien distinctes, l'une dite statique, consistant dans l'observation simultanée de deux thermomètres, dont l'un, à boule ordinaire, est placé à l'ombre, tandis que l'autre, à boule noircie, est exposé au rayonnement direct du soleil. Lecture faite des degrés indiqués par les thermomètres parvenus à un état d'équilibre thermique, et faisant application de la loi du refroidissement pour trouver la quantité de chaleur que la boule noire perd par unité de temps, pour se maintenir à une température stable, on en déduit la quantité de chaleur actuellement absorbée.

L'autre méthode, dite dynamique, repose sur l'observation d'un thermomètre à boule noire, exposé alternativement à l'ombre et au soleil; des variations en plus et en moins, de la colonne liquide, on infère le nombre de calories gagnées dans le temps pris pour unité.

Amené par les circonstances à procéder à des expériences sur l'évaporation de l'eau à la surface des tissus soumis à l'action de diverses sources de chaleur rayonnante, j'ai aussi eu recours au rayonnement direct du soleil, et comme je trouvais des quantités très variables, même par un temps en apparence parfaitement pur, j'ai commencé une série d'observations sur l'intensité de la chaleur solaire et sur ses variations.

---

[1] Voir le procès-verbal de la séance du 22 juin 1878.

Après avoir essayé divers procédés, je me suis arrêté à celui qui consiste à comparer deux thermomètres dont la boule était entourée de laine noire maintenue humide par le procédé ordinaire. Ces deux thermomètres placés dans le même milieu ambiant marquaient, corrections faites, le même degré à l'ombre, mais si l'un d'eux recevait les rayons du soleil, il montait rapidement de quelques degrés, puis il restait stationnaire pendant un temps plus ou moins long. Je ne tardai pas à être frappé de la sensibilité du thermomètre mouillé soumis au flux solaire et de la promptitude avec laquelle il répondait aux moindres variations de son intensité calorifique.

En retranchant le degré le plus faible du degré le plus fort on obtient un nombre qui donne une idée de la force du soleil au moment de l'observation, mais il serait erroné de croire que des résultats obtenus de cette façon à diverses températures soient comparables entre eux, c'est pourquoi il convient de les transformer, et d'exprimer l'intensité de la radiation calorifique du soleil par la tension de la vapeur d'eau produite sous son action directe. Pour cela il suffit de chercher, dans les tables de Régnault, la tension correspondant aux degrés des deux thermomètres observés au même moment, et d'en faire la différence; on prend ainsi pour expression de la force du soleil, la tension de la vapeur produite, et pour unité le millimètre de mercure.

Mes thermomètres ont d'abord été observés à des intervalles de temps assez longs, puis d'heure en heure, puis de quart d'heure en quart d'heure, quelquefois de cinq en cinq minutes et même dans certains cas de minute en minute. Le thermomètre exposé au soleil était visé à distance au moyen d'une lunette.

Il est indispensable que les thermomètres mouillés soient préservés des courants d'air, cette circonstance empêche malheureusement les expériences en plein vent, et oblige l'observateur à placer ses appareils dans un espace fermé, préservé autant que possible d'agitation et des variations brusques de température. On doit regretter que les rayons solaires ne puissent être reçus qu'au travers d'une vitre, et quoique la soustraction paraisse éliminer du résultat final toutes les circonstances communes aux deux thermomètres, pour ne laisser apparent que l'effet seul du rayonnement direct du soleil, il convient d'opérer d'une manière aussi uniforme que possible pour assurer une valeur comparative aux chiffres obtenus. Ces valeurs, comme celles que fournissent d'autres instruments actinométriques, ne sont que relatives, encore faut-il avoir soin de ne comparer des résultats donnés qu'avec ceux provenant du même instrument.

Si l'observation doit être continue, la patience de l'observateur est mise à l'épreuve, mais il trouve sa récompense dans les surprises qui lui sont réservées, lorsqu'il traduit en courbes les résultats de la journée et qu'il compare les inflexions de la ligne avec les notes prises sur l'état apparent de l'atmosphère.

Quoique l'origine de mes observations ne date que de quelques mois, et que pendant ce temps, le nombre des belles journées ait été très restreint, j'ai pu entrevoir certains faits qui montrent de quelle étendue est le champ d'observations dirigées du côté de l'action calorifique du soleil, et quel immense intérêt elles présentent. Il serait inutile de s'arrêter là-dessus, et je ne saurais d'ailleurs que répéter ce que plusieurs auteurs ont dit, mais je me permets d'insister sur la valeur d'observations actinométriques *continues,* entendant par cette expression soulignée l'absence complète d'interruption dans l'enregistrement du phénomène, pendant tout le temps qu'il dure.

Le résultat le plus net des mesures que j'ai prises jusqu'à présent, est la constatation, une fois de plus, de l'extrême variabilité de l'insolation, que cette variabilité provienne de certaines fluctuations du faisceau de chaleur qui aborde notre globe, ou qu'il provienne de variations incessantes de l'état de l'atmosphère dans laquelle nous vivons. Il est extrêmement rare de voir un état calorifique se maintenir constant pendant quelques minutes, ou varier avec l'uniformité à laquelle on pourrait s'attendre; de là résulte que des mesures prises de quinze en quinze minutes ne donnent pas une représentation exacte du phénomène, et que trop souvent elles tombent sur des cas particuliers qui faussent la moyenne et détournent la courbe de la direction qu'elle devait prendre.

Si le système d'observation continue a pour effet de laisser de côté tous les instruments appartenant au procédé dynamique, et de ne contribuer que faiblement à la recherche de la constante solaire, il a pour avantage de montrer d'une façon complète toutes les phases par lesquelles passe l'action du foyer de toute force et de toute vie physique à la surface de notre planète. Il amènera aussi à la séparation de l'état normal d'avec l'état anormal ou accidentel, il fera voir des perturbations et découvrir leurs causes. Il servira à compter le nombre d'heures pendant lequel le soleil aura lui et représentera l'état réel de la sérénité du ciel. Il ne sera pas seulement utile au physicien qui fait une étude du calorique rayonnant, mais il servira aussi à celui qui sonde, analyse et mesure l'atmosphère, et au météorologiste qui suit de moment à moment les variations dont ses divers instruments lui donnent la mesure.

Des observations de cet ordre doivent être extrêmement multipliées et avoir été faites pendant plusieurs années, pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions quelque peu certaines. Ce n'est pas le cas des miennes, elles sont de fraîche date, mais elles ont cependant suffi pour attirer mon attention sur certains faits qu'il serait bon d'étudier ; ainsi on remarque sur les courbes, que certaines inflexions tendent à se reproduire aux mêmes heures, ou plutôt, lorsque le soleil se trouve à une même hauteur ; on voit l'influence absorbante de certaines vapeurs blanchâtres, d'un aspect laiteux, et des autres voiles dont le firmament se couvre ; on voit l'effet des vents sur la puissance de l'atmosphère pour l'absorption de la chaleur, on voit de nombreuses variations, en plus et en moins, se produire par un ciel sans nuage et sans causes visibles, mais dont l'effet est saisi par les instruments.

On est frappé par le fait que généralement les minimums sont précédés d'un maximum, et que lorsqu'un nuage s'approche du soleil, le flux de chaleur augmente pour reprendre l'état normal si le nuage passe à côté du disque apparent du soleil, et pour diminuer rapidement s'il passe devant. Ce phénomène s'observe très nettement en lisant son thermomètre toutes les minutes et en regardant le ciel avec un double verre jaune, comme l'indique M. Crova.

Il arrive de temps en temps que des cas extraordinaires se présentent ; des minimums, ou, ce qui est bien plus singulier, des maximums surviennent subitement, de grandes variations se produisent en quelques minutes, toutes circonstances paraissant être restées identiques.

Après un temps d'observation plus ou moins long, on arrivera à trouver la loi de la répartition du flux de chaleur solaire dans le courant de chaque journée et on verra comment cette loi varie suivant les lieux d'observation, les altitudes, etc.

On a déjà cherché en différents endroits à saisir les variations de la force du soleil dans chaque période de l'année, et plusieurs physiciens sont à la recherche du maximum diurne, mais les résultats mêmes auxquels on est arrivé montrent l'incertitude dans laquelle on se trouve et le peu d'application générale qu'il soit possible de faire des données acquises.

Le but que je me suis proposé en écrivant ces lignes, étant uniquement d'attirer l'attention des physiciens qui disposent d'observatoires ou de laboratoires, sur l'importance des observations *continues*, je me bornerai à donner la figure de trois courbes diurnes, en les accompagnant de quelques explications.

La figure 1, pl. 29, représente l'intensité de l'insolation de 15 en 15 minutes pendant la journée du 21 février 1878, à l'échelle de 12^{mm} pour 1 heure sur l'axe des abscisses (temps vrai), et de 1^{cm} pour 1^{mm} de tension sur les ordonnées. Le ciel était bleu-clair et sans nuage ; le lac Léman, situé en face de la maison que j'habite, à l'orient de Lausanne, était couvert d'une vapeur qui rendait presque invisibles les côtes de la Savoie. Le temps était calme et doux pour la saison.

Malgré ces circonstances, en apparence favorables, la mesure du flux de chaleur a varié continuellement, surtout entre 9 h. $^1/_2$ du matin et 4 h. $^1/_4$ du soir. A quoi faut-il attribuer cela ? Probablement à des nuages invisibles, qui ont parcouru l'atmosphère et ont passé ou stationné sur la ligne allant de mon thermomètre au soleil, mais il n'est pas permis d'affirmer qu'il en ait véritablement été ainsi.

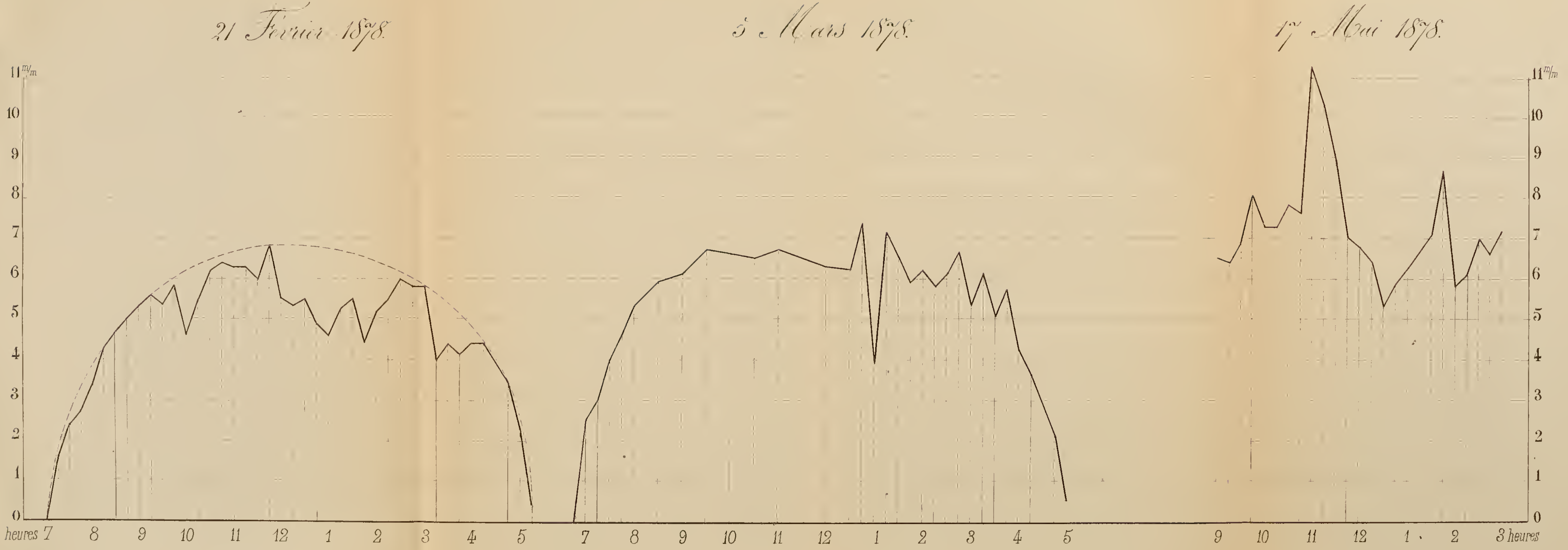
En faisant passer une ligne par les points culminants de la courbe, on obtient une figure assez régulière, qui devrait représenter la marche normale du phénomène, pour la date du 21 février ; si on pouvait dire que cela est vrai, on serait déjà très avancé, mais il y a encore bien à faire pour en arriver là.

Le 5 mars, v. fig. 2, pl. 29, le soleil se leva dans un ciel parfaitement pur, qui se couvrit, à partir de 9 h., d'un léger voile blanchâtre très uniforme ; dans l'après-midi, le firmament fut parcouru lentement par de petits cyrrhus, se dirigeant du S.-O. au N.-E.

Enfin je cite l'exemple du 17 mai 1878, à cause du cas singulier qu'il présente. Le ciel était légèrement voilé et traversé par moment par de légères bandes de cyrrhus cardés. A 10 heures 45 min. la radiation était représentée par une tension de $7{,}6^{mm}$; à 11 h. elle avait atteint brusquement le chiffre inusité de $11{,}2^{mm}$, à 11 h. 15 min. elle était de $10{,}3^{mm}$, et à 11 h. 30 min., de $8{,}9^{mm}$, c'est-à-dire plus forte que tous les maximums rencontrés jusqu'alors. Pendant tout ce temps, le thermomètre à l'ombre était resté entre 17,0 et 17,1 degrés.

Des phénomènes semblables ont été rencontrés par différents observateurs, mais ils ont rarement été décrits en dé-

1
h



Lith. J. Chappuis Lausanne

tail, de façon à ce qu'il soit possible de s'en faire une idée un peu exacte. Le mémoire de M. L. Dufour, sur la réflexion de la chaleur solaire à la surface du lac Léman, inséré dans le Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles de juillet 1873, rapporte un cas survenu à Ouchy le 13 septembre 1863, dont l'analogie avec celui du 17 mai dernier est frappante.

Il est probable que ce fait se présente assez souvent, mais comme il n'a été, jusqu'ici, constaté que par hasard, il est impossible de se prononcer sur sa fréquence, l'intensité de son action, sa simultanéité dans différents lieux, et, à bien plus forte raison, sur son origine solaire ou atmosphérique. Le seul moyen de découvrir la cause du phénomène, gît dans l'observation incessante et très multipliée de la radiation. Ce procédé fera voir également bien d'autres choses inattendues.

Je ne veux pas pousser plus loin la discussion, et je termine en faisant remarquer combien les courbes ci-contre montrent l'insuffisance des mesures prises seulement de quart d'heure en quart d'heure, et la nécessité d'arriver à enregistrer d'une façon continue toutes les fluctuations du phénomène calorifique solaire. J'espère avoir bientôt l'occasion d'entretenir la Société des sciences naturelles d'un procédé par lequel ce résultat puisse être atteint.

Si j'ai parlé, peut-être prématurément, des recherches auxquelles je me suis livré, c'est uniquement dans le but de démontrer quel parti on pourrait tirer d'observations faites dans de meilleures conditions, et dans l'espoir que bientôt on observera d'une façon continue l'effet calorifique du soleil, dans beaucoup de stations.

RÉSUMÉ

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A ROSSINIÈRES, AU PAYS-D'ENHAUT

pendant les années 1874-1877

PAR

le colonel **Michael Foster WARD.**

Les *thermomètres* dont je me suis servi sont fixés dans une cage à jalousies, fermée de tous les côtés et placée dans le jardin; elle est éloignée du chalet de 50 pieds, du côté du sud.

Les boules des thermomètres sont à environ 3 $^1/_2$ pieds au-dessus du sol.

Les instruments ont été vérifiés en les comparant avec les thermomètres étalons de l'observatoire de Kew, aussi bien qu'avec un thermomètre étalon, à mercure, comparé lui-même avec celui de Kew, et vérifié de — 38°8 à + 100° C.

J'ai, pendant les froids rigoureux de janvier 1878, comparé tous mes thermomètres avec cet étalon, par observation directe de — 28°3 à 40° C.

La position de la cage n'est pas aussi favorable qu'on aurait pu le désirer, au point de vue des observations; mais c'est la meilleure que j'ai pu trouver, étant données les conditions nécessaires de sécurité pour les instruments.

J'ai une seconde cage à thermomètres, servant de contrôle à la cage n° 1; elle est construite sur le même type. Voici la liste des instruments en observation.

Cage N° I.

1. Thermomètre à étalon, construit par Casella, vérifié de — 38° + 100°.
2. Thermomètre à minimum (alcool) Casella (Rutherford).
3. Thermomètre à minimum (mercure) Negretti et Zambra.
4. Thermomètre à maximum (Phillips) Casella.
5. Hygromètre (Masons) Casella.
6. Hygromètre automoteur avec mouvement d'horlogerie, construit par Negretti et Zambra, pour les observations de 3 heures du matin.

Cage N° II.

1. Thermomètre à minimum (Alcool) à boule en fer à cheval, très sensible, vérifié depuis — 38°83, construit par Casella.
2. Thermomètre à minimum (mercure) Casella.
3. Thermomètre à maximum Hicks.
4. Hygromètre (Masons) Casella.

5 à 9. Cinq thermomètres à mercure très sensibles.

Le *baromètre* est un Fortin portatif, construit par Casella et vérifié à l'observatoire de Kew; l'échelle s'étend de 385 à 825 millimètres.

Sa cuvette est à 2989,5 pieds anglais (911,2 mèt.) au-dessus du niveau de la mer.

Les hauteurs observées ont été réduites à 0°,0 C.; elles indiquent les moyennes de 9 h. du matin et de 9 h. du soir.

Le *pluviomètre* est en cuivre. Le bord de l'entonnoir est à 1 $^1/_2$ pied au-dessus du sol et à 2974 pieds (906^{m}5) au-dessus du niveau de la mer.

Pour la *température du sol* j'ai deux thermomètres très sensibles.

1. Un thermomètre à boule bifurquée en fer à cheval, construit par Casella.

2. Un thermomètre dont la boule est en forme d'un anneau ovale, construit par Hicks, de Londres.

A ROSSINI

	ne.	Jours de gelée en air.	Jours de gelée sur sol.	Jours de non-dégel.	
	Humide.				9 h : m.
		Jours.	Jours.	Jours.	
Oct	— ° —	7	9	—	—
Nov	1,69	18	27	4	—
Déc	6,14	31	31	23	—
Jan	3,06	30	30	9	1,9
Fév	1,78	28	28	4	2,4
Mar	2,22	24	24	1	3,5
Avr	8,44	9	20	—	4,1
Mai	7,61	16	20	—	4,7
Jui	13,78	—	—	—	3,8
Juil	17,61	—	—	—	2,5
Ao	14,39	—	—	—	2,5
Sep	13,17	—	1	—	2,
Oct	7,56	9	16	—	3.
No	1,17	30	30	7	4,
Dé	6,33	31	31	23	6,
Moy	6,04	177	200	44	3,

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES A ROSSINIÈRES

1873	Baromètre.	Thermomètre.											Jours de gelée en air.	Jours de gelée sur sol.	Jours de non-dégel.	Nuage 0 — 10			Eau tombée.			Orages accompagnés de tonnerre et éclairs.	Tonnerre sans éclairs.	Éclairs sans tonnerre.	Jours calmes.	Sans nuages.
	Réduit à 0°.0	Température moyenne.	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	9 h. m.		3 h. s.		Moyenne.					9 h: m.	3 h: s,	Moyenne.	Eau tombée en mm.	Jours de pluie.	Jours de neige.					
							Sec.	Humide.	Sec.	Humide.	Sec.	Humide.														
	mm.												Jours.	Jours.	Jours.				mm.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.
Octobre . .	682,95	+ 5°,78	19°,44	24	— 5°,56	27 et 29	4°,94	4°,22	—°—	—°—	—°—	—°—	7	9	—	—	—	3,0	71,23	9	4	—	—	—	1	17
Novembre .	683,12	+ 1,83	10,56	4	— 10,56	20 et 21	0,72	0,11	4,28	3,28	2,50	1,69	18	27	4	—	—	4,8	107,11	11	4	1	—	—	6	14
Décembre .	690,61	— 6,39	5,56	20	— 17,22	30	— 7,00	— 7,50	— 4,22	— 4,78	— 5,61	— 6,14	31	31	23	—	—	1,1	27,90	4	2	—	—	—	28	26
1874																										
Janvier . .	688,66	— 2,78	10,56	20	— 15,00	8	— 4,33	— 5,00	+ 0,17	— 1,11	— 2,11	— 3,06	30	30	9	1,9	1,9	1,9	28,15	6	3	—	—	—	14	21
Février. . .	685,28	— 1,83	11,11	26 et 7	— 18,89	11	— 3,83	— 4,50	2,44	+ 0,94	— 0,72	— 1,78	28	28	4	2,4	1,3	1,8	12,70	2	2	—	—	—	22	16
Mars	688,63	+ 2.78	19,44	31	— 16,11	14	+ 1,33	— 0,06	7,33	4,50	+ 4,33	+ 2,22	24	24	1	3,5	2,8	3,1	56,92	13	8	—	—	—	3	12
Avril	682,05	8,83	24,17	26	— 2,22	29 et 30	9,67	+ 7,22	13,72	9,72	11,67	8,44	9	20	—	4,1	3,4	3,7	67,07	13	3	8	1	1	—	10
Mai	681,95	8,06	27,22	30	— 2,78	3 et 18	9,22	7,00	11,61	8,22	10,39	7,61	16	20	—	4,7	5,3	5,0	103,12	19	10	4	1	—	—	8
Juin	687,34	15,00	30,00	4 et 27	+ 2,78	16	16,00	13,17	19,11	14,39	17.56	13,78	—	—	—	3,8	5,0	4,4	221,15	16	1	13	3	—	—	13
Juillet . . .	686,78	18,28	31,67	3	6,67	27 et 30	19,78	17,11	23,00	18,17	21,39	17,61	—	—	—	2,5	3,6	3,0	250,32	17	—	14	3	11	—	18
Août	686,40	13,56	24,44	3	4,44	16 et 19	15,56	13,44	18,22	15,33	16,89	14,39	—	—	—	2,5	2,2	2,3	132,51	9	—	4	1	3	—	22
Septembre .	687,65	13,50	26,67	3	1,11	14	14,33	11,94	18,11	14,44	16,22	13,17	—	1	—	2,0	3,0	2,5	50,23	6	—	—	—	1	—	19
Octobre . .	686,48	7,94	20,00	1	— 3,33	25	6,33	5,11	11,67	8,89	9,00	7,56	9	16	—	3.2	3,3	3,3	80,99	7	—	1	1	—	3	16
Novembre .	685,23	— 0,56	13,33	2 et 6	— 16,67	25 et 6	— 1,50	— 2,67	1,83	0,33	0,17	— 1,17	30	30	7	4,1	3,5	3,8	199,75	11	8	1	1	1	9	17
Décembre .	677,33	— 6,67	7,78	1	— 20,00	24	— 6,67	— 7,28	— 4,89	— 5,33	— 5,78	— 6,33	31	31	23	6,7	5,1	5,9	175,33	18	16	—	—	—	17	12
Moyenne annuelle	685,31	+ 6,54	+ 20,53		— 6,66		+ 6,32	+ 4,62	+ 10,03	+ 7,36	+ 8,25	+ 6,04	177	200	44	3,4	3,3	3,4	1378,24	137	51	45	11	17	68	184

ROSSINIÈRES

Jours de gelée (air).	Jours de gelée sur le sol.	Jours de non-dégel.	Nuage 0 — 10		
			9 h. m.	3 h. s.	Moyenne.
Jours.	Jours.	Jours.			
22	31	9	5,5	5,5	5,5
28	28	15	4,3	4,2	4,2
27	29	—	3,8	3,3	3,6
22	22	—	2,4	1,5	1,9
—	—	—	2,3	2,0	2,1
—	—	—	4,0	4,7	4,3
—	—	—	4,3	4,7	4,5
—	—	—	2,8	3,6	3,2
—	—	—	3,4	3,2	3,3
5	12	—	5,0	7,1	6,0
15	16	10	6,1	6,7	6,4
29	31	23	3,7	4,5	4,1
148	169	57	4,0	4,3	4,1

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES A ROSSINIÈRES

1875	Baromètre.	Thermomètre.											Jours de gelée (air).	Jours de gelée sur le sol.	Jours de non-dégel.	Nuage 0 — 10			Eau tombée.			Orages accompagnés de tonnerre et éclairs.	Tonnerre sans éclairs.	Éclairs sans tonnerre.	Jours calmes.	Sans nuages.
	Réduit à 0°.0	Température moyenne.	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	9 h. m.		3 h. s.		Moyenne.					9 h. m.	3 h. s.	Moyenne.	Eau tombée.	Jours de pluie.	Jours de neige.					
							Sec.	Humide.	Sec.	Humide.	Sec.	Humide.														
	mm.												Jours.	Jours.	Jours.				mm.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.
Janvier . .	686,60	— 1°,22	12°,22	20	— 21°,67	1	— 2°,33	— 2°,67	+ 0°,94	+ 0°,17	— 0°,72	— 1°,28	22	31	9	5,5	5,5	5,5	167,98	15	6	—	—	—	14	9
Février . . .	680,35	— 5,11	6,67	15	— 20,56	11	— 6,89	*	— 1,06	— 2,17	— 1,22	—	28	28	15	4,3	4,2	4,2	28,03	9	10	—	—	—	—	13
Mars	682,99	+ 1,67	18,33	27	— 9,44	22	+ 0,72	— 0,44	+ 5,33	+ 2,72	+ 3,00	+ 1,11	27	29	—	3,8	3,3	3,6	16,72	5	6	—	—	—	10	14
Avril	682,45	7,22	22,22	30	— 5,56	8	7,61	+ 4,89	13,44	8,56	10,50	6,72	22	22	—	2,4	1,5	1,9	25,45	5	3	—	—	—	6	21
Mai	684,39	13,11	24,44	15, 16, 22	+ 0,56	28	14,33	11,61	18,61	13,61	16,44	12,61	—	—	—	2,3	2,0	2,1	120,45	11	—	10	1	3	—	13
Juin	684,14	14,78	27,22	9	2,78	21	15,56	12,94	18,22	14,22	16,89	13,56	—	—	—	4,0	4,7	4,3	122,03	16	—	9	3	3	1	6
Juillet . . .	683,96	14,61	26,67	1 et 7	2,78	13	14,50	12,72	18,33	14,83	16,39	13,78	—	—	—	4,3	4,7	4,5	244,31	21	—	12	2	2	—	12
Août	686,12	16,50	29,44	18	6,67	3	16,72	14,56	21,39	16,78	19,86	15,78	—	—	—	2,8	3,6	3,2	145,85	14	2	7	—	1	—	15
Septembre .	686,83	14,06	23,89	12 et 13	3,33	3 et 30	13,94	12,44	18,44	14,94	16,17	13,67	—	—	—	3,4	3,2	3,3	90,93	10	—	3	—	—	—	11
Octobre . .	680,38	6,56	18,44	5	— 3,61	27	5,72	4,94	9,00	7,56	7,33	6,22	5	12	—	5,0	7,1	6,0	136,76	18	3	—	—	—	14	10
Novembre .	680,33	0,61	16,11	10	— 15,00	28	— 0,44	— 1,44	2,50	1,00	1,06	— 0,22	15	16	10	6,1	6,7	6,4	309,93	18	7	2	2	—	22	7
Décembre .	684,55	— 6,39	5,33	22	— 18,33	8 et 10	— 7,72	— 8,17	— 4,17	— 4,89	— 5,94	— 6,56	29	31	23	3,7	4,5	4,1	12,36	7	8	—	—	—	25	14
Moyenne annuelle	683,59	+ 6,36	+ 19,25		— 6,50		+ 5,97	—	+ 10,08	+ 7,28	+ 8,31	—	148	169	57	4,0	4,3	4,1	1420,80	149	45	43	8	9	92	145

* A 9 heures le thermomètre mouillé était presque toujours plus haut que le thermomètre sec.

M)GIQUES

Tabl. III.

18	9 h. le soir.			ectricité.			
	nètre .	Thermomètre mouillé.	T	Tonnerre sans éclairs.	Éclairs sans tonnerre.	Calme.	Sans nuage.
	0	0		Jours.	Jours.	Jours.	Jours.
Janvie	3,67	— 4,50		—	—	24	12
Févrie	),44	— 1,39		1	—	14	6
Mars	1,50	+ 0,39		—	—	16	4
Avril	4,89	3,50		—	2	14	7
Mai .	6,61	5,17		—	1	14	11
Juin	1,67	10,28		3	6	21	6
Juille	5,56	12,89		—	2	10	17
Août	4,50	12,83		2	2	15	10
Septe	9,50	8,50		1	2	7	7
Octob	8,33	7,28		1	2	15	14
Nover	0,17	— 0,67		—	—	22	4
Décen	0,61	— 0,22		—	—	22	8
Totau	—	— —		8	17	194	106
Moye	5,74	+ 4,50					
	11	12		25	26	27	28

M.-F. Ward.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES A ROSSINIÈRES

Tabl. III.

1876	Baromètre.	Thermomètre.					Hygromètre.								Gelée dans les 24 heures.	Gelée toute la journée.	Nuage. 0 — 10				Pluviomètre.			Électricité.			Calme.	Sans nuage.
	Réduit à 0°.0	Moyenne.	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	9 h. le matin.		3 h. après midi.		9 h. le soir.		Moyenne.				9 h. le matin.	3 h. après midi.	9 h. le soir.	Moyenne.	Eau tombée.	Jours de pluie et de neige.	Jours de neige seulement.	Orages avec tonnerre.	Tonnerre sans éclairs.	Éclairs sans tonnerre.		
							Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.	Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.	Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.	Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.														
	mm.	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	Jours.	Jours.					mm.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.
Janvier . . .	687,19	— 3,28	5,61	28	— 12,50	7	— 4,89	— 5,78	— 0,83	— 2,22	— 3,67	— 4,50	— 3,11	— 4,17	30	12	3,9	4, 3	3,4	3,9	12,23	3	3	—	—	—	24	12
Février . . .	681,90	+ 1,17	14,33	22	— 12,89	13	— 1,44	— 2,33	+ 2,39	+ 0,72	— 0,44	— 1,39	+ 0,17	— 0,94	20	7	6,7	6,8	6,0	6,5	194,27	21	13	—	1	—	14	6
Mars	676,54	1,89	15,39	28	— 13,61	20	+ 1,00	— 0,17	4,67	2,22	+ 1,50	+ 0,39	2,39	+ 0,78	25	5	6,4	6,6	6,4	6,4	280,06	25	19	1	—	—	16	4
Avril	680,81	6,28	18,06	8	— 8,33	14	6,39	+ 4,56	9,33	6,61	4,89	3,50	7,06	4,89	9	0	2,4	6,2	5,6	4,7	129,29	12	5	—	—	2	14	7
Mai	682,36	8,00	23,50	30	— 3,06	14	8,33	6,33	12,00	8,22	6,61	5,17	8,94	6,56	5	0	4,7	4,5	3,7	4,3	107,80	15	3	1	—	1	14	11
Juin	682,84	14,06	26,28	6	+ 1,67	18	14,83	12,44	17,39	13,89	11,67	10,28	14,61	12,17	0	0	3,7	5,6	4,3	4,5	129,50	12	—	6	3	6	21	6
Juillet . . .	685,61	16,78	29,44	28	4,33	13	17,39	14,44	21,83	16,17	15,56	12,89	18,28	14,50	0	0	1,8	2,1	2,5	2,1	76,20	5	—	13	—	2	10	17
Août	685,79	16,44	28,89	13	4,17	29	16,50	14,22	19,44	15,06	14,50	12,83	16,83	14,06	0	0	3,5	5,0	4,2	4,2	165,89	14	—	15	2	2	15	10
Septembre .	684,92	10,89	24,44	6	0,00	16	10,94	9,22	13,83	10,94	9,50	8,50	11,44	9,56	0	0	4,6	5,1	4,0	4,5	169,76	14	—	3	1	2	7	7
Octobre. . .	683,96	9,56	22,22	12	— 2,00	30	9,44	7,72	12,94	10,28	8,33	7,28	10,22	8,39	1	0	3,3	4,2	4,2	3,9	20,81	3	6	3	1	2	15	14
Novembre .	680,60	0,44	12,33	16	— 16,67	11	— 0,11	— 0,72	2,67	1,67	— 0,17	— 0,67	0,78	0,06	21	5	4,3	5,5	6,3	5,3	83,46	11	8	—	—	—	22	4
Décembre .	685,97	1,22	16,94	2	— 11,39	27	+ 0,17	— 0,72	3,17	1,50	+ 0,61	— 0,22	1,28	0,17	21	10	4,5	5,9	4,7	5,0	89,92	12	6	—	—	—	22	8
Totaux . . .	— —	— —	— —		— —		— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	132	39	—	—	—	—	1459,19	147	63	42	8	17	194	106
Moyennes. .	683,20	+ 6,95	+ 19,79		— 5,85		+ 6,54	+ 4,93	+ 9,90	+ 7,09	+ 5,74	+ 4,50	+ 7,40	+ 5,50			4,1	5,1	4,6	4,6								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

J Tabl. IV.

mèt llé.	lectricité.		Calme.	Sans nuage.
	Tonnerre sans éclairs.	Éclairs sans tonnerre.		
.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.
2°,5	—	—	23	11
0,8	—	—	23	5
1,3	—	—	16	3
3,3	—	1	12	7
5,1	—	—	9	7
2,7	3	3	15	16
1,5	2	8	12	9
3,0	1	4	10	17
8,1	—	3	15	13
2,4	—	—	17	13
1,4	1	1	21	9
2,7	—	—	25	9
5	7	20	198	119
4,1				
4	25	26	27	28

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES A ROSSINIÈRES

1877	Baromètre.	Thermomètre.					Hygromètre.								Gelée dans les 24 heures.	Gelée toute la journée.	Nuage. 0 — 10				Pluviomètre.			Électricité.			Calme.	Sans nuage.
	Réduit à 0°.0	Moyenne.	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	9 h. le matin.		3 h. après midi.		9 h. le soir.		Moyenne.				9 h. le matin.	3 h. après midi.	9 h. le soir.	Moyenne.	Eau tombée.	Jours de pluie et de neige.	Jours de neige seulement.	Orages avec tonnerre.	Tonnerre sans éclairs.	Éclairs sans tonnerre.		
							Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.	Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.	Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.	Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.														
	mm.	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	Jours.	Jours.					mm.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.	Jours.
Janvier . . .	684,75	— 0,78	+ 16,67	1	— 14,44	24	— 2,72	— 3,56	+ 1,17	— 0,44	— 1,61	— 2,50	— 1,06	— 2,17	22	12	4,9	4,9	4,1	4,4	98,03	14	9	—	—	—	23	11
Février . . .	684,16	+ 0,11	11,11	15	— 12,22	23	— 0,89	— 1,44	2,72	+ 1,28	— 0,22	— 0,89	+ 0,50	— 0,39	19	6	6,8	6,5	6,5	6,6	189,80	17	12	—	—	—	23	5
Mars	677,99	0,72	17,78	29	— 15,56	2 et 11	+ 0.17	— 0,94	3,28	1,50	— 0,50	— 1,39	1,00	— 0,28	20	7	6,8	7,0	7,1	6,9	110,09	17	11	—	—	—	16	3
Avril	678,25	6,72	19,72	8 et 27	— 3,06	21	6,56	+ 4,83	12,22	6,89	+ 4,78	+ 3,39	7,83	+ 5,00	11	0	5,9	6,4	5,8	6,0	125,29	18	3	1	—	1	12	7
Mai	692,44	8,89	20,83	31	— 2,78	2	8,94	7,33	11,89	8,78	6,22	5,11	9,00	6,89	3	0	6,3	6,7	5,9	6,3	177,70	22	1	—	—	—	9	7
Juin	686,45	17,06	28,89	11	+ 2,22	2	18,11	14,78	21,11	16,39	14,44	12,78	17,89	14,61	0	0	2,0	4,1	3,3	3,1	60,18	11	—	11	3	3	15	16
Juillet . . .	686,78	15,28	28,89	23	2,22	9	15,28	13,33	18,61	14,72	13,06	11,50	15,61	13,17	0	0	4,9	5,2	5,1	5,0	181,06	16	—	14	2	8	12	9
Août	685,08	16,61	31,67	19	4,44	4	16,44	14,33	20,39	15,94	14,39	13,06	17,06	14,44	0	0	2,9	4,1	1,6	2,9	119,55	13	—	15	1	4	10	17
Septembre .	684,34	10,56	21,67	7	— 2,22	27	10,11	8,72	13,94	11,17	8,94	8,11	11,00	9,33	1	0	3,4	3,2	4,6	3,4	69,62	7	—	4	—	3	15	13
Octobre. . .	686,27	5,17	16,78	15	— 7,22	19	4,67	7,28	8,61	6,11	3,44	2,44	5,56	3,94	14	0	3,4	3,9	3,8	3,3	47,22	9	3	—	—	—	17	13
Novembre .	691,25	3,22	12,78	5	— 8,61	22	2,56	1,67	5,28	3,72	2,39	1,44	3,39	2,28	14	2	5,8	5,2	6,2	5,7	143,72	15	6	—	1	1	21	9
Décembre .	685,28	— 2,17	5,83	7	— 16,94	22	— 2,89	— 3,50	— 0,89	— 1,67	— 2,17	— 2,72	— 2,00	— 2,67	26	9	5,0	5,5	6,2	5,5	129,62	16	14	—	—	—	25	9
Totaux . . .	— —	— —	— —		— —		— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	130	36	—	—	—	—	1451,88	175	59	45	7	20	198	119
Moyennes. .	685,25	+ 6,78	+ 19,39		— 6,18		+ 6,36	+ 4,90	+ 9,86	+ 7,03	+ 5,26	+ 4,19	+ 7,10	+ 5,34			4,8	5,2	5,0	4,9								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Lundi matin, le 8 du mois d'octobre, à 5 heures 23 m., a eu lieu un tremblement de terre. 5 ou 6 oscillations dirigées du S.-E. au N.-O.

NOTE POSTHUME DE M. H. CAUDERAY

Lausanne, le 20 février 1867.

Le 18 février 1867, ensuite d'essais faits principalement au moyen d'électro-moteurs composés d'un même métal, j'ai observé divers phénomènes qui me paraissent très intéressants et qui méritent par conséquent d'être étudiés attentivement avant d'en faire le sujet d'une communication.

Je me propose de communiquer ces travaux à la Société dans un mémoire qui aura pour titre :

« Production du fluide électrique au moyen de deux électromoteurs formés d'un même métal. — Production facultative des courants positifs et négatifs au moyen du même électromoteur. Démonstration technique que les noms des courants positifs et courants négatifs ne sont que la manifestation d'un fluide unique en mouvement. »

J'ai cru devoir remettre cette note cachetée en mains de M. le président de la Société afin de donner acte de la date du 18 février 1867, jour où j'ai fait mes premières observations.

H. Cauderay.

La note de M. H. Cauderay a été communiquée à la Société des sciences naturelles dans la séance du 3 juillet 1878, et l'assemblée a jugé de son devoir de la faire paraître dans le Bulletin.

Il est difficile, d'après le texte de cette note, de se rendre un compte exact de la nature de la communication que M. Cauderay se proposait de faire à la Société. Il semble cependant que l'auteur a constaté pour la première fois, croyait-il, le fait que des courants peuvent être produits par deux électrodes de même nature plongées successivement dans un même liquide. Ce sujet a été étudié par un grand nombre de physiciens et déjà en 1823, Yelin a indiqué les principales particularités qu'il présente.

Une bibliographie complète du sujet est contenue dans l'ouvrage bien connu : *Die Lehre von Galvanismus,* von *G. Wiedemann.* Tome I, p. 754. (1872). *(Réd.)*

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME XV

(Bulletins 78-80.)

A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES

(Les lettres p.-v. précèdent la page des procès-verbaux à pagination séparée.)

Bibliographie. — P.-v. 23, 55.
Bibliothèque. — Livres reçus, p. 223; p.-v. 20, 33, 51, 69, 102, 125. — Dons, p. 205, 208, 219. — Achats, p.-v. 8. — Demande de modification du règlement, p.-v. 64, 105. — Réimpression du Catalogue, p.-v. 17.
Blocs erratiques. — Achat de la Pierre-à-Peny, p.-v. 10; — Pierra-Bessa, Bloc-monstre, p.-v. 41.
Bulletin. — M. H. Dufour, éditeur, p. 199. — Traité conclu avec le nouvel imprimeur, p. 203. — Insertion d'un mémoire déjà paru de M. Colladon, p. 212, 213. — Demande d'un résumé des principales découvertes, p.-v. 64, 74.
Bureau. — Elections pour 1877, p. 205; — id. pour 1878, p.-v. 48.
Caisse. — Budget pour 1877, p. 205; pour 1878, p.-v. 47. — Compte pour 1876, p.-v. 12; pour 1877, p.-v. 114.
Commissions — de gestion pour 1877, p. 205; son rapport, p.-v. 14; — pour 1878, p.-v. 48; son rapport, p.-v. 116.
Décès. — de Fellenberg (hon.), p.-v. 118.
de la Harpe, Jn, p.-v. 25.
Muret, Jn, p.-v. 11.
Nicati, Dr, p.-v. 57, 113.
Regnault (hon.), p.-v. 113.
Démissions. — Colomb, G., p.-v. 73
Burnier, père, p. 199.
Duboux, Dr, p.-v. 25.
Joël, Dr, p. 204.
Treuthard, p. 208.
Faits divers. — Club scientifique de Vienne, p. 210. — Demande du droit de franchise pour les musées, p. 201. — Invitation par la Société de Besançon, p. 203; p.-v. 41. — Prix Bressa, p. 208. — Transport par la poste des préparations microscopiques, p. 221. — Inscription à la mémoire de Jn Muret, p.-v. 18. — Exposition universelle, p.-v. 60.
Marche de la Société. — 1876-77, p.-v. 7; — 1877-78, p.-v. 110.
Membres admis. — a) *Honoraires :*
Gosset, Ph. p.-v. 18
Hayden, F.-V., p.-v. 118
Pictet, Raoul, p.-v. 118

b) *Effectifs :*

Amstein, H.,	p. 221, p.-v. 2
Bard,	p.-v. 64, 74
Charlier, ingén.,	p.-v. 25, 26
Dériaz, J.,	p.-v. 57, 64
Dupertuis, pharm.,	p. 215, 218
Dupertuis, ingén.,	p.-v. 110, 122
Dürr, pharm.,	p.-v. 25, 26
Gilliéron, prof.,	p.-v. 74, 89
Girardet,	p.-v. 42, 46
Heer, Dr,	p.-v. 4, 5
Jaccard-Bornand,	p.-v. 18, 25
Jaton,	p.-v. 46, 61
Juillerat, Dr,	p.-v. 5, 7
Mermod, stud. med.,	p.-v. 2, 4
de Meyenbourg,	p.-v. 96, 105*
Perret, Ch.,	p.-v. 2, 4
Pittier, H.,	p.-v. 57, 64
Schairer, député,	p.-v. 110, 122
Secrétan, Alf., Dr,	p.-v. 46, 61
Thomas, past.,	p. 215, 218
de Tribolet, M.,	p. 214, 215
Vellauer, inst.,	p.-v. 46, 61
Walther, past.,	p.-v. 25, 26
Ward, F.-M.-F.,	p.-v. 81, 91

* (Oubli du proc.-verbal.)

Observatoire météorologique. — Réparation d'instruments, p. 205, p.-v. 10. — Bulletin météorologique de Paris, p.-v. 47, 61.

Procès-verbaux. — P. 199 ; — séparés, p.-v. 9; p.-v. 89.

Séances. — Pour 1877, p. 205; — assemblée générale de juin 1877, p.-v. 4; pour 1876, p.-v. 46.

Sociétés correspondantes nouvelles. — P. 218; p.-v. 4, 8, 99, 112.

Société helvétique. — Choix de Bex pour 1877. — Président, p. 203, 205, 206, 207. — Mesures prises, p. 213, 214, 220. — Préparatifs, p.-v. 2, 25. — Dons, de l'Etat, p.-v. 2; de notre Société, p.-v. 18. — Résultats, p.-v. 26.

* * *

B. TRAVAUX SCIENTIFIQUES

(Les articles marqués d'un (*) font l'objet d'un mémoire et la page est indiquée en chiffres italiques.)

Mathématiques, Astronomie.

Aberration de la lumière, Rapin, p. 221.
Détermination de la latitude d'un lieu, E. Guillemin, p.-v. 41.
Equation d'une podaire n^{me}, H. Amstein, p.-v. 77.
(*) Etude élémentaire des courbes planes par les coordonnées tangentielles, H. Amstein, p.-v. 73, p. *393*.
Formule de la durée des oscillations de l'eau d'un bassin, F.-A. Forel, p. 200, 206.
(*) Nouveau théorème de trigonométrie, C. Dufour, p.-v. *49*.
(*) Un exemple de représentation conforme, H. Amstein, p. *175*, p.-v. 3.
(*) Satellites de mars, Rapin, p.-v. *100*.
(*) Sur la rétrogradation de l'ombre du soleil, E. Guillemin, p. *16;* p.-v. 5, 6.

Météorologie.

Avance et retrait des glaciers, F.-A. Forel, p. 216.
(*) Causes des seiches, F.-A. Forel, p.-v. *122*.
Connexion des seiches entre Genève, Morges et Vevey, F.-A. Forel, p. 207.
Crue du 24 mai, F.-A. Forel, p.-v. 107.

Etat hygrométrique de l'air, C. Dufour, p.-v. 90.
(*) Limnimétrie du Léman (2e série), F.-A. Forel, p. *129;* p.-v. 60.
(*) Id. id. (3e série), id. p. *305.*
Marégraphe de Brest, F.-A. Forel, p. 206.
(*) Observ. météorologiques en 1876, J. Marguet et Hirzel, p. *237,* p -v. 58.
(*) » » en 1877 » » p. *256,* p.-v. 58.
(*) » » janv.-avril 1878, J. Marguet, p.-v. *96.*
(*) » » mai 1878, J. Marguet, p -v. *108.*
(*) » » à Rossinières, par M. Ward; F.-A. Forel, p. 206, p.-v. 6[illegible], 69, p. *546;* p.-v. 89.
Orage du 30 août 1877, C. Dufour, p.-v. 43.
Pente du lac Léman, F.-A. Forel, p. 207, 221.
Réfutation d'une cause avancée pour expliquer les hautes eaux du Léman, p.-v. 45.
(*) Retrait du glacier du Rhône, C. Dufour, p. 216, p.-v. 75, p. *474.*
(*) Rides du fond du lac, F.-A. Forel, p.-v. *66, 77.*
Seiches de la Méditerranée, F.-A. Forel, p.-v. 46.
Transparence des eaux du lac, F.-A. Forel, p. 212, 219; Ch. Dufour, p. 219; S. Bieler, p. 220.
Variations du niveau du lac pendant les vingt dernières années, F.-A. Forel, p. 218.
Vibrations du lac, F.-A. Forel, p.-v. 119.

Physique pure et appliquée.

Adhésion entre un liquide et une bande de papier, C. Dapples, H. Dufour, p.-v. 91.
Appareil électro-magnétique de Bürgin, E. Guillemin, p. 207.
» simplifié pour démontrer la loi d'Ampère sur les courants, H. Dufour, p. 217.
» Smiths, J. Œttli, p.-v. 42.
Collection de diapasons, H. Dufour, p.-v. 61.
Expériences avec le téléphone, E. Guillemin, p.-v. 74, 75.
Explosion d'un matras de verre dit incassable, Chastellain, p. 215.
Microphone de Hugues, J. Cauderay, p.-v. 107, 122.
(*) Note posthume, H. Cauderay, p. *549;* p.-v. 106, 122.
(*) Observations actinométriques, Ch. Dapples, p. *539,* p.-v. 118.
(*) Phénomène acoustique que présente l'église de Bex, C. Dufour, p. *333,* p.-v. 31.
Radiomètre de Crookes, S. Tzaut, p.-v. 62.
Recherches sur la chaleur rayonnante, C. Dapples, p.-v. 66.
(*) » sur le téléphone de Bell, H. Dufour, p. 273, p.-v. 74.
Sirène double de Helmholtz, H. Dufour, p.-v. 43.
Téléphone de Bell, F.-A. Forel, p.-v. 48.
» » construit par J. Cauderay, p.-v. 48.

Chimie.

Action du sodium sur le chlorure d'éthylène chloré, H. Brunner, Brandenburg, p.-v. 42.
Composé de sulfure et de nitrate d'argent, H. Brélaz, p. 201.
Dosage de l'alcool des vins, H Brélaz, p. 201.
Notice sur l'acide tartronique et éthérification à basse température, E. Demole, p.-v. 32.
Produits de substitution de l'oxyde d'éthylène, E. Demole, p-v. 65.
Quelques préparations nouvelles, H. Brélaz, p.-v. 32.
Synthèse des couleurs d'aniline, H. Brunner, Brandenburg, p.-v. 95.
Tableaux d'analyse par Monnier, J. Œttli, p. 213.

Géologie, Paléontologie, Minéralogie.

Age de nos tufs, Ph. de la Harpe, p.-v. 19.
Cailloux impressionnés. S. Chavannes, J.-B. Schnetzler, p. 217 ; E Renevier, p. 218.
Cailloux impressionnés, coupe des dits, S. Chavannes, p.-v. 4.
Carte géologique, feuille 17 de l'atlas Dufour, E. Renevier, p.-v. 119.
Collection de nummulites, Ph. de la Harpe, p.-v. 61 ; caractères et classification, p.-v. 119.
Couches sédimentaires annuelles, Eug. Delessert, E. Renevier, p 222.
Coupes des Alpes vaudoises, E. Renevier, p. 209 ; p.-v. 19.
Double origine de la corgneule, S. Chavannes, p.-v. 99.
Eboulis de flysch. S. Chavannes, E. Renevier, p. 209.
Eozoon canadense, E. Renevier, p. 216.
Eponges fossiles par Zittel, E. Renevier, p.-v. 6.
(*) Etat du musée géologique de Lausanne, 1876, E. Renevier, p. *121,* p. 218.
(*) » » » » 1877, » p. *267,* p-v. 73.
(*) Excavations dans le terrain gypseux, S. Chavannes, p.-v. *81.*
Flore arctique, 4^e^ vol., par O. Heer, Ph. de la Harpe, p. 209.
Fossiles trouvés au Maupas, Ph. de la Harpe, p.-v. 20.
(*) Galets sculptés, F.-A. Forel, p.-v. *27, 43, 75*
(*) Géologie de Louèche-les-Bains, Ph. de la Harpe, p. *17,* 206, 214.
Gisement d'astartien aux Amburnets, E. Renevier, p. 206.
(*) Gisements de calcaires hydrauliques, M. de Tribolet, p. *246.*
Gisement de reptiles fossiles d'âge carbonifère, E. Renevier, p. 216.
Glacier du Rhône à travers le Jura, E. Renevier, p. 222.
Grès de Taveyannaz, E. Renevier, p. 214.
Gypses du Valais d'origine métamorphique, S. Chavannes, H. Brunner, etc., p. 204.
Mâchoire inférieure de rhinocéros, S. Chavannes, p. 220.
Marbre inégalement usé, S. Chavannes, p.-v. 26.
Mémoires de la Société paléontologique suisse, 3^e^ v., E. Renevier, p. 214.
Mines d'or d'Ersteling, Transvaal, E Renevier, p. 202.
(*) Note sur les blocs erratiques de Monthey, E. Renevier, p. *105 ;* photographie des dits, p. 201.
Orthocères et bélemnites, E. Renevier, p.-v. 101.
Ossements accumulés, Ch. Dufour, p. 208.
Ours des cavernes en Suisse, E. Renevier, p.-v. 19.
Photographies de squelettes fossiles, E. Renevier, p.-v. 5, 19.
Roches brûlées et chaîne des Puys, F.-A. Forel, p.-v. 107.
Roches diverses, Behrens, p.-v. 57.
Stratification inclinée et horizontale, S. Chavannes, p. 212.
» torrentielle, E. Renevier, p. 222.
(*) Structure géologique du massif du Simplon, E. Renevier, p.-v. 75, p. *281.*
Substance minérale d'apparence sébacée, E. Renevier, Brélaz, Brunner, p. 200 ; E. Renevier, p. 220.
Terrasses lacustres, F.-A. Forel, E. Renevier, S. Chavannes, p. 212.
Travail sur l'*Anthracotherium* par Kowalewski, Ph. de la Harpe, p. 218.
» sur les Alpes vaudoises, E. Renevier, p.-v. 5.
Tremblement de terre, S. Chavannes, p.-v. 98.
Vertèbres fossiles, H. Dufour, p.-v. 19, 26.
Vertèbre fossile d'ichthyosaure, J -B. Schnetzler, p.-v. 106 ; E. Renevier, p.-v. 120.

Zoologie, Anatomie, Physiologie.

Appareil pour distinguer un œuf frais, Eug. Delessert, p.-v. 100.
Arcellina marina, nouveau rhizopode marin, G. du Plessis, p. 217.

Aurelia aurita conservée dans un liquide particulier, G. du Plessis, p. 204.
Coloration chez les infusoires, G. du Plessis, p. 217.
Conservation des animaux délicats surtout marins, G. du Plessis, p.-v. 59.
Cysticercus cellulosæ extrait de l'œil d'un homme, M. Dufour, p. 206.
Draguages dans le lac de Starnberg, F.-A. Forel, p.-v. 50.
Ecrevisse rouge, F.-A. Forel, p.-v 68.
Ennemis naturels du phylloxera, S. Bieler, p.-v. 5.
(*) Emploi du permanganate de potasse pour conserver les animaux marins délicats, G. du Plessis, p. *278*.
(*) Etudes myrmécologiques en 1878, 1^{re} partie, Aug. Forel, p. *337*, p.-v. 90.
(*) Faune profonde du lac (4^e série), F.-A. Forel, p. *497*, p.-v. 98.
Helix pomatia, deux exemplaires curieux, E. Renevier, p.-v. 120.
(*) Influence physiologique de la dépression atmosphérique, A. Mermod, p. *65*, p.-v. 3.
Insectes nuisibles préparés pour l'enseignement par A. Chavannes ; S. Bieler, p.-v. 42.
Larves de Rhyacophilides sculptant les cailloux, G. du Plessis, p.-v. 31.
Liste de 117 espèces d'oiseaux du Pays-d'Enhaut par M. Ward ; F.-A. Forel, p.-v. 60.
Masse osseuse provenant de l'ancien cimetière de la cathédrale, F.-A. Forel, Ph. de la Harpe, p. 204.
Mermis aquatilis, F.-A Forel, p.-v. 76.
(*) Note sur un rhizopode marin nouveau, G. du Plessis, p. *1*.
(*) Notice anatomique sur les Platyhelminthes, G. du Plessis, p. *233*, p.-v. 32.
Œufs emboîtés, F.-A. Forel, p.-v. 3.
Photographies de préparations histologiques, G. du Plessis, p.-v. 69, 81, 118.
Phylloxera ailé trouvé à Colombier, S. Bieler, p.-v. 90.
Préparation microscopique du *Braula cæca*, S. Bieler, p.-v. 3.
Procédé pour conserver les couleurs des coléoptères, S. Bieler, p.-v. 42.
Rabot microtome, G. du Plessis, p. 204.
Remarques sur la cuticule du Triænophore noueux et sur l'épithélium de la *Planaria lactea*, G. du Plessis, p.-v. 19.
(*) Saumon commun, H. Goll, p. *483*, p.-v. 90.
(*) Sur la coloration des hydres, G. du Plessis, p. *117*, p.-v. 3.
Trachée de canard avec dilatation ossifiée, S. Bieler, p.-v. 95.
Valves d'*ostrea cuculata*, E. Delessert, p. 208, p.-v. 39.
(*) Vitalité du phylloxera, Roux, p.-v. 120.

Botanique, Agriculture, Sylviculture.

Algues des cailloux sculptés, J.-B. Schnetzler, p.-v. 29, 30.
Anomalie de deux pommes soudées, S. Bieler, p.-v. 45.
Cas de végétation avancée et retardée, L. Favrat, p. 213.
Champignon de la *mère du vinaigre*, J.-B. Schnetzler, p.-v. 125.
Citronniers atteints de mycelium, Ph. de la Harpe, p.-v. 3.
Daucus carota enveloppant une molaire de porc, J. Œttli, p. 202.
Deux algues rares, G. du Plessis, p.-v. 31.
Diatomées en pleine activité sous la neige, S. Bieler, p.-v. 95.
Dicranella squarosa, Behrens, p.-v. 57.
Diffusion de la matière colorante végétale dans une solution de borax, J.-B. Schnetzler, p.-v. 32, 119.
Eau de mer conservant les fruits, J. Chastellain, p. 222.
Echalas traités par le sulfate de cuivre, E. Guillemin, p.-v. 6.
Eucalyptus globulus, lieux où il ne réussit pas, S. Tzaut, p. 219.
Fécondation artificielle du dattier, Nicati, p.-v. 4.
Fleurs déformées de radis, J.-B. Schnetzler, p. 207.

(*) Fructification de mousses sous la neige, J.-B. Schnetzler, p.-v. *78.*
Hildenbrandtia rosea, Vionnet, J.-B. Schnetzler, p. 207, 211.
Maladies de la vigne, J.-B. Schnetzler, p.-v. 3, 5.
Masse gélatineuse dans le vin, Grivel, p.-v. 43.
(*) Matière colorante des grains de chlorophylle, J.-B. Schnetzler, p. *476,* p.-v. 106.
(*) Matière colorante du *Porphyridium cruentum,* J.-B. Schnetzler, p. *537*
Matière vénéneuse de l'if, S. Bieler, p.-v 109.
(*) Note sur les *Achillea* hybrides, L. Favrat, p. *14,* 208.
(*) Note sur la *capsella rubella,* J. Wetter, p. *536.*
(*) Observations sur la Phytolaque commune, p. *60,* 217.
Planches de botanique de Dodel, A. Reitzel, p.-v. 99, 125.
Procédé pour dessécher les plantes, A. Reitzel, p. 220.
Raisins conservés, E. Delessert, p. 213.
(*) Une maladie de la vigne, J.-B. Schnetzler, p. *49.*
Voyage botanique dans les Abruzzes, Leresche, p. 202.
Spongilla fluviatilis, F.-A. Forel, p. 212.

Archéologie.

Chute du Tauredunum, Béraneck, S. Chavannes, E. Renevier, Guillemin, Rapin, p. 210, 211.
Fer à cheval romain, S. Bieler, p.-v. 110.
Objets de la période du bronze, S. Chavannes, p. 212.

Statistique, Technologie.

Appareil pour juger de la pureté du gaz, H. Dufour, p. 204.
Effondrement du quai de Vevey, F.-A. Forel, S. Chavannes, p.-v. 19.
Lac Fucino, W. Fraisse, p. 202.
Machine motrice du Lausanne-Ouchy, Cuénod, ingénieur, p.-v. 20.
Moyen pour éviter les rencontres de trains, J. Cauderay, p. 215.

II. TABLE DES AUTEURS

(Les articles marqués d'un (*) font l'objet d'un mémoire et la page est indiquée en chiffres italiques.)

Amstein, H., professeur.
  (*) Un exemple de représentation conforme, p. *175*, p.-v. 3.
  (*) Etude des courbes planes par les coordonnées tangentielles, p.-v. 73, p. *393*.
  Equation d'une podaire n^{me}, p.-v. 77.
Behrens, pharmacien.
  Roches diverses, p.-v. 57.
  Dicranella squarosa, p.-v. 57.
  Excursion au col de la Nodaz, p.-v. 81.
Béraneck, chef d'institut.
Chute du Tauredunum, p. 210.
Bieler, S., méd.-vétér.
  Transparence des eaux, p. 220.
  Préparation microscopique du *Braula cœca*, p.-v. 3.
  Ennemis naturels du phylloxera, p.-v. 5.
  Conservation des couleurs des coléoptères, p.-v. 42.
  Insectes nuisibles, pour l'enseignement, p.-v. 42.
  Deux pommes soudées, p.-v. 45.
  Phylloxera ailé, p.-v. 90.
  Trachée de canard, p.-v. 95.
  Diatomées sous la neige, p.-v. 95.
  Matière vénéneuse de l'if, p.-v. 109.
  Fer à cheval romain, p.-v. 110.
Brandenburg, chimiste.
  Action du sodium sur le chlorure d'éthylène chloré, p.-v. 42.
  Synthèse des couleurs d'aniline, p.-v. 95.
Brélaz, H., professeur.
  Substance minérale d'apparence sébacée, p. 200.
  Dosage de l'alcool des vins, p. 201.
  Composé de sulfure et de nitrate d'argent, p. 201, p.-v. 33.
  Quelques préparations nouvelles, p.-v. 32.
Brunner, H., professeur.
  Substance minérale d'apparence sébacée, p. 200.
  Origine métamorphique du gypse, p. 204.
  Action du sodium sur le chlorure d'éthylène chloré, p.-v. 42.
  Synthèse des couleurs d'aniline, p.-v. 95.
Cauderay, H.
  (*) Note posthume, p. *549*, p.-v. 106, 122.
Cauderay, J.
  Moyen d'éviter la rencontre des trains, p. 215.
  Téléphone de Bell, p.-v. 48.
  Microphone de Hugues, p.-v. 107, 122.
Chastellain, J., pharmacien.
  Explosion d'un matras de verre dit incassable, p. 215.
  Eau de mer conservant les fruits, p. 222.
Chavannes, S., inspecteur.
  Gypse du Valais d'origine métamorphique, p. 204.
  Eboulis de flysch, p. 209.
  Chute du Tauredunum, p. 210.
  Stratification inclinée et horizontale, p. 212.
  Objets de la période du bronze, p. 212.
  Terrasses lacustres, p. 212.
  Cailloux impressionnés, p. 217; coupe des dits, p.-v. 4.
  Mâchoire inférieure de rhinocéros, p. 220.
  Effondrement du quai de Vevey, p.-v. 20.
  Marbre inégalement usé, p.-v. 26.

(*) Excavations dans les terrains gypseux, p.-v. *81.*
Tremblement de terre, p.-v. 98.
Double origine de la corgneule, p.-v. 99.
Cuénod, ingénieur.
Appareil moteur du Lausanne-Ouchy, p.-v. 20.
Dapples, Ch., ingénieur.
Recherches sur la chaleur rayonnante, p.-v. 66.
(*) Observations actinométriques, p. *539,* p.-v. 118.
Adhésion entre un liquide et une bande de papier, p.-v. 91.
Delessert, Eug.
Valves d'Ostrea cucullata, p. 208, p.-v. 39.
Raisins conservés, p. 213.
Couches sédimentaires annuelles, p. 222.
Exploration de l'Afrique, p.-v. 6, 7, 94, 106, 124.
Appareil pour distinguer un œuf frais, p.-v. 100.
Société suisse de géographie, p.-v. 101.
Demole, E., chimiste.
Notice sur l'acide tartronique et éthérification à basse température, p.-v. 32.
Produits de substitution de l'oxyde d'éthylène, p.-v. 65.
Dufour, Ch., professeur.
Ossements accumulés, p. 208
(*) Retrait du glacier du Rhône, p. 216; p.-v. 75, p. *474.*
Transparence des eaux, p. 219.
(*) Acoustique de l'église de Bex, p. *333,* p.-v. 31.
Orage du 30 août 1877, p.-v. 43.
(*) Nouveau théorème de trigonométrie, p.-v. *49.*
Etat hygrométrique de l'air, p. 90.
Dufour, H., professeur.
Appareil pour juger de la pureté du gaz, p. 204.
Appareil pour les courants d'Ampère, p. 217.
(*) Recherches sur le téléphone de Bell, p. *273,* p.-v. 74.
Vertèbres fossiles, p.-v. 19, 26.
Sirène double de Helmholtz, p.-v. 43.
Collection de diapasons, p.-v. 61.
Adhérence et capillarité entre un liquide et une bande de papier, p.-v. 92.
Dufour, M., docteur.
Cysticercus cellulosæ dans l'œil d'un malade, p. 206.
Favrat, L., professeur.
(*) *Achillea* hybrides, p. *14,* 208.
Cas de végétation avancée et retardée, p. 213.
Forel, Auguste, Dr.
(*) Etudes myrmécologiques en 1878, p. *337,* p.-v. 90.
Forel, F.-A., professeur.
Limnimétrie du lac Léman :
2e série, p. *129,* p.-v. 60.
3e » p. *305.*
Formule des oscillations de l'eau d'un bassin, p. 200, 206.
Masse osseuse singulière, p. 204.
Observations météorologiques à Rossinières, par M. Ward, p. 206; p.-v. 60, 69, 89.
Marégraphe de Brest, p. 206.
Connexion des seiches, p. 207.
Pente du lac Léman, p. 207, 221.
Terrasses lacustres, p. 211.
Spongilla fluviatilis, p. 212.
Transparence des eaux du lac, p. 212, 219.
Avance et retrait des glaciers, p. 216
Variations du niveau du lac, p. 218.
Œufs emboîtés, p.-v. 3.
Effondrement du quai de Vevey, p.-v. 19.
(*) Galets sculptés, p.-v. *27, 43,* *75.*
Une cause réfutée des hautes eaux du Léman, p.-v. 45.
Seiches de la Méditerranée, p.-v. 46.
Téléphone de Bell, p.-v. 48
Draguage dans le lac de Starnberg, p.-v. 50.
Liste d'oiseaux, par M. Ward, p.-v. 60.
(*) Rides du fond du lac, p.-v. *66,* *77.*
Ecrevisse rouge, p.-v. 68.
Mermis aquatilis, p.-v. 76.
(*) Faune profonde du Léman, p. *497,* p.-v. 98.
Roches brûlées et chaîne des Puys, p.-v. 107.
Crue du 24 mai, p.-v. 107.
Vibrations du lac, p.-v. 119.
(*) Causes des seiches, p.-v. *122.*
Fraisse, W., ingénieur.
Lac Fucino, p. 202.

- **Goll**, H., conservateur-adjoint.
  - (*) Le saumon commun, p. *483,* p.-v. 90.
- **Grivel.**
  - Masse gélatineuse dans le vin, p.-v. 43.
- **Guillemin**, Et., ingénieur.
  - (*) Rétrogradation de l'ombre du soleil, p. *16,* p.-v. 5, 6.
  - Appareil de Bürgin, p. 207.
  - Chute du Tauredunum, p. 211.
  - Echalas traités par le sulfate de cuivre, p.-v. 6.
  - Détermination de la latitude d'un lieu, p.-v. 41.
  - Expériences avec le téléphone, p.-v. 74, 75.
- **de la Harpe**, Ph., Dr-méd.
  - (*) Géologie de Louèche-les-Bains, p. *17*, 206, 214.
  - Tumeur osseuse, p. 204.
  - Flore arctique d'O. Heer, p. 209.
  - Anthracotherium, par Kowalewski, p. 218.
  - Citronniers atteints de mycélium, p.-v. 3.
  - Age de nos tufs, p.-v. 19.
  - Fossiles trouvés au Maupas, p.-v. 20.
  - Collection de nummulites, p.-v. 61.
  - Caractère et classification des dites, p.-v. 119.
- **Hirzel**, directeur.
  - (*) Observations météorologiques, 1876, p. *237,* p.-v. 58.
  - (*) Observations météorologiques pour 1877, p. 256, p.-v. 58.
- **Kursteiner**, chir.-dent.
  - Tournette, p.-v. 81.
- **Leresche**, anc. pasteur.
  - Voyage dans les Abruzzes, p. 202.
- **Marguet**, J., professeur.
  - (*) Observations météorologiques, 1876, p. *237,* p.-v. 58.
  - (*) Observations météorologiques, 1877, p. *256,* p.-v. 58.
  - (*) Observations météorologiques, janv.-avril 1878, p. *96.*
  - (*) Observations météorologiques, mai 1878, p.-v. 108.
- **Mermod**, A., docteur.
  - (*) Influence physiologique de la dépression atmosphérique, p. *65,* p.-v. 3.
- **Nicati**, doct.-méd.
  - Fécondation artificielle du dattier, p.-v. 4.
- **Œttli**, J., professeur.
  - *Daucus carota* enveloppant une molaire de porc, p. 202.
  - Tableaux d'analyse par Monnier, p 213.
  - Appareil Smiths, p.-v. 42.
- **du Plessis**, professeur.
  - (*) Rhizopode marin nouveau, p. *1.*
  - (*) Sur la coloration des hydres, p. *117*, p.-v. 3.
  - Microscope de démonst. d'Hartnack, p. 200.
  - Un rabot pour microtome, p. 204.
  - *Aurelia aurita,* conservée dans un liquide particulier, p. 204.
  - Coloration chez les infusoires, p. 217.
  - *Arcellina marina,* nouveau rhizopode marin, p. 217.
  - (*) Notice anatomique sur les Platyhelminthes, p. *233*, p.-v. 32.
  - (*) Emploi du permanganate de potasse pour conserver les animaux marins délicats, p.-v. 59, p. *278.*
  - Cuticule du Triœnophore noueux et épithélium de la *Planaria lactea,* p.-v. 19.
  - Larves de Rhyacophilides sculptant les cailloux, p.-v. 31.
  - Deux algues rares, p.-v. 31.
  - Photographies de préparations histologiques, p.-v. 69, 81, 118.
- **Rapin**, anc. past.
  - Aberration de la lumière, p. 221.
  - (*) Satellites de Mars, p.-v. *100.*
- **Reitzel**, Aug., prof.
  - Procédé pour dessécher les plantes, p. 220.
  - Planches de botanique de Dodel, p.-v. 99, 125.
- **Renevier**, Eug., professeur.
  - (*) Note sur les blocs erratiques de Monthey, p. 105.
  - (*) Etat du musée géologique de Lausanne en 1876, p. *121,* p. 218.
  - Substance minérale d'apparence sébacée, p. 200, 220.
  - Association lyonnaise des amis des sciences naturelles, p. 200.
  - Demande du droit de franchise pour les Musées, p. 201.
  - Photographies des blocs de Monthey, p. 201.
  - Mines d'or d'Ersteling, Transvaal, p. 202.
  - Astartien des Amburnets, p. 206.

Coupes des Alpes vaudoises, p. 209, p.-v. 19.
Néocomien ressemblant au flysch, p. 209.
Chute du Tauredunum, p. 211.
Terrasses lacustres, p. 212.
3e vol. des Mémoires de la Société paléontologique suisse, p. 214.
Grès de Taveyannaz, p. 214.
Eozoon canadense, p. 216.
Gisement de reptiles de l'âge carbonifère, p. 216.
Cailloux impressionnés, p. 218.
Le glacier du Rhône à travers le Jura, p. 222,
Couches sédimentaires annuelles, p. 222.
Stratification torrentielle, p. 222.
(*) Etat du Musée géologique de Lausanne, 1877, p. *267*, p.-v. 73.
(*) Structure géologique du massif du Simplon, p. *281*, p.-v. 75.
Photographies de squelettes fossiles, p.-v. 5, 19.
Etudes sur les Alpes vaudoises, p -v. 5.
Eponges fossiles, p.-v. 6.
Ours des cavernes en Suisse, p.-v. 19.
Observations pendant un voyage en Italie, p.-v. 92.
Orthocères et bélemnites, p.-v. 101.
Feuille 17 de l'atlas fédéral, p.-v. 119.
Vertèbre d'Ichthyosaure, p.-v. 120.
Deux exemplaires curieux d'*Helix pomatia*, p.-v. 120.

Roux, anc. pharm.
(*) Vitalité du phylloxera, p.-v. *120*.

Schnetzler, J.-B. professeur.
(*) Une maladie de la vigne, p. *49*.
(*) Observations sur la phytolaque commune, p. *60*, 217.
Hildenbrandtia rosea, p. 207, 211.
Fleurs déformées de radis, p. 207.
Cailloux impressionnés, rôle du *Pleurococcus vulgaris*, p. 218.
Maladies de la vigne, p.-v. 3, 5.
Algues des cailloux sculptés, p.-v. 29, 30.
Diffusion de la matière colorante végétale dans une solution de borax, p.-v. 32, 119.
(*) Fructification de mousses sous la neige, p.-v. *78*.
(*) Matière colorante des grains de chlorophylle, p. *476*, p.-v. 106.
(*) Id. du Porphyridium cruentum, p. *537*.
Vertèbre fossile, p.-v. 106.
Champignon de la *mère* du vinaigre, p.-v. 125.

de **Tribolet**, M., doct. ès-sc.
(*) Gisements de calcaires hydrauliques, p. *246*.

Tzaut, S., professeur.
Non-réussite de l'*Eucalyptus globulus*, p. 219.
Radiomètre, p.-v. 62.

Vionnet, pasteur.
Hildenbrandtia rosea, p. 207.

Ward, M.-F.
(*) Observations météorologiques à Rossinières, p. 206, *546*, p.-v. 60, 69, 89.
Oiseaux du Pays-d'Enhaut, p.-v. 60.

Wetter, J.
(*) Capsella rubella, p. *536*.

LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS

RUE HALDIMAND, 4, LAUSANNE

Carte géologique de la partie sud des Alpes vaudoises et des portions limitrophes du Valais, comprenant les massifs des Diablerets, Muveran, Dent de Morcles, etc., par E. RENEVIER, professeur . . . . 10 fr.

Structure géologique du massif du Simplon, à propos du tunnel projeté, par E. RENEVIER . . . . 4 fr.

Nouveaux éléments d'anatomie pathologique, descriptive et histologique, par A. LABOULBÈNE. In-8 avec 298 figures dans le texte ; relié . . . . 20 fr.

Principes scientifiques des beaux-arts, par E. BRUCKE, suivis de *l'Optique et la peinture*, par HELMHOLTZ. In-8 avec 39 figures ; relié . . . . 6 fr.

Ce volume fait partie de la *Bibliothèque scientifique internationale.*

La mythologie comparée, par GIRARD DE RIALLE, tome Ier. Relié, 4 fr. ; broché . . . . 3 fr. 50

Nouvelle publication de la *Bibliothèque des sciences contemporaines*, collection dans laquelle ont déjà paru :

La Biologie, par le Dr LETOURNEAU. Broché, 4 fr 50 ; relié, 5 fr.
La Linguistique, par HOVELACQUE. Br., 4 fr. ; rel., 4 fr. 50.
L'Anthropologie, par le Dr TOPINARD. Br., 5 fr. ; rel., 5 fr. 75.
L'Esthétique, par E. VÉRON. Br., 4 fr. ; rel., 4 fr. 50.

Téléphones et phonographes. Étude complète de ces inventions, par A. NIAUDET. In-8 avec 24 gravures . . . . 4 fr.

Biographie universelle des musiciens et **Bibliographie générale de la musique**, par F.-J. FÉTIS. Supplément et complément publiés sous la direction de M. Arthur POUGIN. Tome premier. Grand in-8 . . . . 8 fr.

La **Biographie universelle des musiciens** forme 8 volumes grand in-8. Deuxième édition entièrement refondue et augmentée de plus de la moitié. Prix, 64 fr.

Du même auteur : **Histoire générale de la musique** depuis les temps les plus anciens jusqu'à nos jours, avec de nombreuses gravures dans le texte. 5 vol. grand in-8 . . . . . . 60 fr.

Les Révolutions du droit. Études historiques destinées à faciliter l'intelligence des institutions sociales, par H. BROCHER, professeur à Genève. Tome Ier. Introduction philosophique. In-8 . . . . 4 fr.

Des densités de vapeur, par CAZENEUVE . . . . 3 fr. 50

Le microscope, sa construction, son maniement et son application à l'anatomie végétale et aux diatomées, par le Dr Henri VAN HEURCK. Troisième édition entièrement refondue et considérablement augmentée. In-8 avec 12 planches et 170 figures dans le texte. Ouvrage couronné . . . . 10 fr.

LIBRAIRIE ROUGE & DUBOIS

RUE HALDIMAND, 4, LAUSANNE

Les âges de la pierre, instruments, armes et ornements de la Grande-Bretagne, par John EVANS, président de l'Institut anthropologique de Londres. Traduit de l'anglais, revu et corrigé par l'auteur. In-8°, avec 476 figures et une planche hors texte . . . . 15 fr.

Études sur les temps antéhistoriques, par E. CARETTE. Première étude : *Le langage*. In-8 . . . . 8 fr.

Les sociétés animales, études de psychologie comparée, par Alfred ESPINAS. Deuxième édition, augmentée d'une introduction sur l'histoire de la sociologie en général. In-8 . 7 fr. 50

Les récifs de corail, leur structure et leur distribution, par Charles DARWIN, traduit de l'anglais sur la seconde édition. In-8 . . . . 8 fr. 50

Leçons d'électricité, par John TYNDALL. In-12 . . 2 fr. 50

Grundzüge der Antiken und Modernen Algebra, der Litteralen Gleichungen, von Ludwig MATTHIESSEN, prof. zu Rostack. In-8 . . . . 26 fr. 70

Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires, médicamenteuses et commerciales, avec l'indication des moyens de les reconnaître, par CHEVALIER et BAUDRIMONT. 5^{me} édit., considérablement augmentée. Grand in-8, broché 24 fr., cartonné . . . . 25 fr.

Précis de technique microscopique et histologique, ou introduction pratique à l'anatomie générale, avec introduction de ROBIN; par le D^{r} DUVAL. In-12, avec 43 figures . . 4 fr.

Premiers secours aux empoisonnés, aux noyés, aux asphyxiés, aux blessés en cas d'accidents et aux malades en cas d'indisposition subite, par le D^{r} FERRAND. In-12 avec 86 fig. 3 fr.

Cours de minéralogie et de géologie, par A. DE SELLE. Tome I. Grand in-8, avec atlas . . . . 25 fr.

La spectroscopie, par A. CAZIN. In-12, avec gravures 2 fr. 75

Des notions de matière et de force dans les sciences de la nature, par Lionel D'AURIAC. In-8 . . . . 5 fr.

Traité pratique des chaudières à vapeur employées dans les manufactures, par J. DENFER. Grand in-4, avec 81 planches coloriées . . . . 50 fr.

Exposé des applications de l'électricité, 3^{me} édition, par Th. DUMONCEL. Tome V et dernier. (Applications industrielles de l'électricité.) In-8 . . . . 16 fr.

Lausanne. — Imp. L. CORBAZ & Comp.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01307 4075